

THESE

TENUE DES TERRAINS HOUILLERS DANS LES EXPLOITATIONS PAR TAILLES MONTANTES EN SEMI-DRESSANTS

Présentée devant l'Institut National Polytechnique de Nancy
pour obtenir le grade de

DOCTEUR INGENIEUR

PAR

M. LEONTIDIS

Ingénieur des Mines
de l'Université Technique Nationale
d'Athènes

soutenue le 29 septembre 1973 devant la Commission d'Examen

MM. SCHWARTZ
BIEAU
CHAMBON
TOURET

Président
Examineurs

THESE

TENUE DES TERRAINS HOUILLERS DANS LES EXPLOITATIONS PAR TAILLES MONTANTES EN SEMI-DRESSANTS

Présentée devant l'Institut National Polytechnique de Nancy
pour obtenir le grade de

DOCTEUR INGENIEUR

PAR

M. LEONTIDIS

Ingénieur des Mines
de l'Université Technique Nationale
d'Athènes

soutenue le 29 septembre 1973 devant la Commission d'Examen

MM. SCHWARTZ
BIEAU
CHAMBON
TOURET

Président
Examineurs

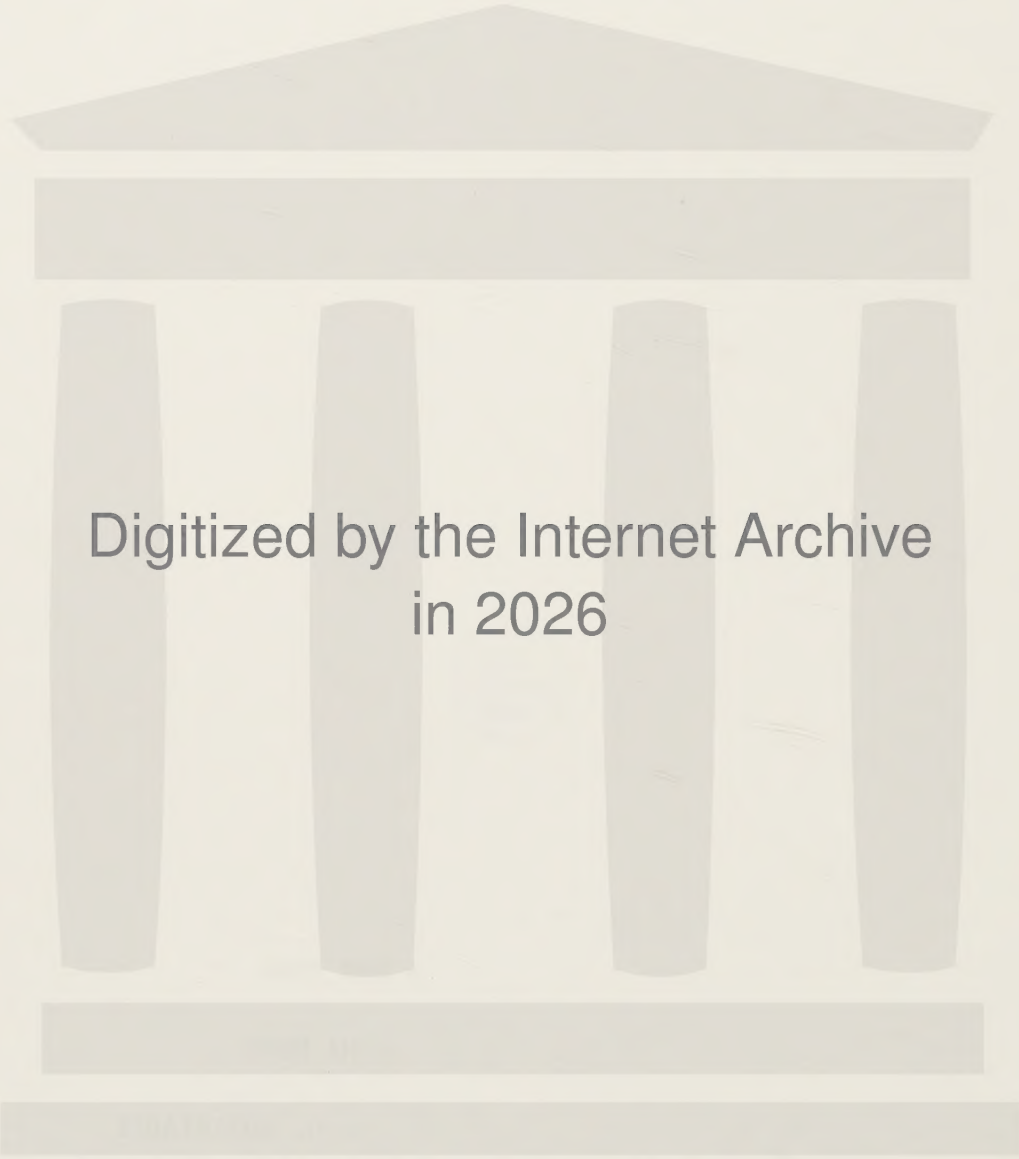
A MON PERE

A MA MERE

A G. SOTIRIADIS

A MA FEMME

A MA SOEUR



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555419_0001

AVANT-PROPOS

Notre travail a été effectué au Laboratoire de Mécanique des Terrains de l'Ecole Nationale Supérieure de la Métallurgie et de l'Industrie des Mines de NANCY sous l'autorité de son Directeur Monsieur CHAMBON, Professeur à l'Institut National Polytechnique de NANCY. Nous lui exprimons notre vive reconnaissance pour la bienveillance avec laquelle il a dirigé ce travail.

Monsieur Bertrand SCHWARTZ, Professeur à l'Université de PARIS IX^e, Conseiller à l'Education permanente au Ministère de l'Education Nationale, nous a fait l'honneur d'accepter la présidence du jury. Il nous est particulièrement agréable de le remercier ici.

Monsieur BIEAU, Ingénieur en Chef aux Houillères du Bassin de Lorraine (H.B.L.), Chef du Service Géologie, Essai, Organisation et Carrières (G.E.O.C.) a constamment suivi et encouragé cette étude. Nous tenons à lui exprimer nos très vifs remerciements.

Monsieur TOURET, Maître de Conférences à l'Université de NANCY I qui nous a fait l'honneur de participer à notre jury, qu'il soit ici très vivement remercié.

Nous remercions Monsieur DELANNOY, Directeur du Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France de nous avoir confié ce travail et d'avoir mis à notre disposition les moyens nécessaires à sa réalisation.

Les travaux expérimentaux ont bénéficié de l'aide financière de la Communauté Economique Européenne et ont été réalisés aux Houillères du Bassin de Lorraine. Nous remercions Messieurs les Directeurs et Ingénieurs de ce Bassin qui en ont permis la réalisation. Notre gratitude est spécialement exprimée au Service G.E.O.C. et notamment à Monsieur MAGRON pour les conseils dont il nous a entourés et le dévouement témoigné à notre égard. Les agents techniques, Messieurs VALERI, BECKER, GERARDIN et LANGARD ont assuré avec compétence la conduite des travaux expérimentaux, qu'ils soient vivement remerciés.

Nous y joignons également nos remerciements à l'intention des Houillères du Bassin de la Sarre et en particulier, aux Ingénieurs du Siège WARNDT, qui nous ont communiqué des mesures d'un grand intérêt.

Nos remerciements vont aussi à tous nos camarades chercheurs du Laboratoire de Mécanique des Terrains et aux Ingénieurs du CERCHAR, pour l'aide trouvée dans leurs travaux et notamment à Messieurs DEJEAN et POIROT. Il nous est particulièrement agréable de remercier Monsieur RAFFOUX qui nous a soutenus aux moments difficiles de notre séjour en France, nous entourant de toute son amitié et de ses conseils pour la formation. Nous ne saurions trop remercier Monsieur JOSIEN, qui a suivi constamment notre travail expérimental. Son aide lors de l'interprétation des résultats et de la mise en forme de notre thèse a été inestimable.

Nous remercions Mesdames BLAISE et MILONET qui ont assuré la frappe de notre travail, Madame SCHENCK qui en a dessiné les figures et Mademoiselle DUMONT qui a dessiné les tableaux de présentation.

Enfin, il nous est agréable de reconnaître l'aide matérielle que nous a prodigué le Ministère des Affaires Etrangères de la République Française en nous accordant une bourse d'études pour mener à bien ce travail et de remercier les Professeurs de l'Ecole des Mines, de l'Université Technique Nationale d'Athènes dont les enseignements nous ont été utiles dans ce travail.

**TENUE DES TERRAINS HOUILLERS
DANS LES EXPLOITATIONS PAR TAILLES MONTANTES
EN SEMI-DRESSANTS**

PLAN DE LA THESE

PREMIERE PARTIE : LES SEMI-DRESSANTS DES H.B.L. ET L'EXPERIMENTATION REALISEE

IMPORTANCE DES GISEMENTS PENTES	page	1
<u>CHAPITRE I</u> : LE GISEMENT EN SEMI-DRESSANTS	page	3
<u>CHAPITRE II</u> : METHODE D'EXPLOITATION DES SEMI-DRESSANTS	page	5
2.1 - EVOLUTION DES METHODES D'EXPLOITATION	page	6
2.1.1 - Taille à attaque unique	page	6
2.1.2 - Taille à attaques multiples	page	7
2.1.3 - Mécanisation de l'abattage	page	9
2.2 - MECANISATION DU SOUTÈNEMENT - LA METHODE ACTUELLE	page	12
<u>CHAPITRE III</u> : DIFFICULTES D'EXPLOITATION LIEES AU COMPORTEMENT DES EPONTES	page	15
<u>CHAPITRE IV</u> : EXPERIMENTATION REALISEE EN SEMI-DRESSANTS	page	17
CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE	page	22

DEUXIEME PARTIE : COMPORTEMENT DES TAILLES MECANISEES EN SEMI-DRESSANTS

<u>CHAPITRE I</u> : RAPPEL DES PRINCIPAUX RESULTATS CONCERNANT LES TAILLES EN PLATEURES FOUDROYEES	page	23
<u>CHAPITRE II</u> : COMPORTEMENT DES TAILLES MECANISEES EN SEMI- DRESSANTS	page	25
2.1 - LA GEOMETRIE D'EXPLOITATION	page	25
2.2 - LE TRAITEMENT DE L'ARRIERE-TAILLE PAR REMBLAI HYDRAULIQUE	page	27
2.2.1 - Déformations dans le remblai	page	27
2.2.2 - Influence sur les déformations en taille - Continuité des terrains	page	29
2.2.3 - Le coefficient de remblayage des tailles étudiées	page	34

2.3 - INFLUENCE DE QUATRE FACTEURS D'EXPLOITATION SUR LES MOUVEMENTS DES EPONTES	page	36
2.3.1 - La géométrie d'exploitation	page	36
2.3.2 - Influence d'une autre exploitation	page	37
2.3.3 - La portance du soutènement	page	39
2.3.4 - La vitesse d'avancement	page	39
2.4 - DEGRADATION DU TOIT DE LA TAILLE	page	41
2.4.1 - Fracturation naturelle	page	41
2.4.2 - Fracturation d'exploitation	page	44
2.4.3 - Chutes de toit	page	45
2.5 - MECANISMES DE DEGRADATION DU TOIT DE LA TAILLE	page	46
2.5.1 - Evolution de la dégradation en taille ..	page	46
2.5.2 - Manifestation d'un coup de charge - Delavage du front	page	49
<u>CHAPITRE III</u> : SCHEMA DU COMPORTEMENT D'UNE LONGUE TAILLE EN SEMI-DRESSANTS	page	53
<u>CHAPITRE IV</u> : CLASSIFICATION DES PROBLEMES DES TAILLES EN SEMI-DRESSANTS	page	57
4.1 - LE VOLUME D'INFLUENCE D'UNE EXPLOITATION	page	58
4.2 - LA PORTANCE DU SOUTENEMENT MARCHANT	page	59
4.3 - L'ARRIERE-TAILLE	page	60
<u>TROISIEME PARTIE : LE VOLUME D'INFLUENCE D'UNE EXPLOITATION</u>		
<u>CHAPITRE I</u> : RAPPEL DES RESULTATS CONCERNANT LE VOLUME D'INFLUENCE	page	63
1.1 - DEFORMATIONS DES GALERIES SOUS L'INFLUENCE D'UNE EXPLOITATION EN PLATEURE	page	63
1.2 - DEFORMATIONS DES GALERIES SOUS L'INFLUENCE D'UNE EXPLOITATION EN SEMI-DRESSANTS	page	66
1.3 - INTERACTION DES TAILLES EN PLATEURE	page	69
1.4 - MESURES DE DEGAGEMENT DU GRISOU	page	69
<u>CHAPITRE II</u> : MODIFICATION DES CONTRAINTES AU VOISINAGE D'UNE TAILLE EN SEMI-DRESSANTS	page	73
2.1 - MODIFICATION DES CONTRAINTES EN AVANT DU FRONT DANS LE CHARBON	page	73
2.1.1 - Mesures pressiométriques	page	74
2.1.2 - Mesures d'expansion du charbon	page	77
2.2 - MODIFICATIONS DES CONTRAINTES DANS LE REMBLAI.	page	80

<u>CHAPITRE III</u> : CONSEQUENCE DE LA MODIFICATION DES CONTRAINTES SUR LE COMPORTEMENT DE LA TAILLE INCLINEE	page 83
3.1 - LA VEINE 10 INFLUENCEE PAR DES EXPLOITATIONS AU TOIT EN INTERACTION STATIQUE	page 83
3.2 - LA VEINE 8 INFLUENCEE PAR DES EXPLOITATIONS AU TOIT ET AU MUR EN INTERACTION STATIQUE....	page 91
3.3 - LA VEINE WOHLWERTH 1, INFLUENCEE PAR UN FRONT DE TAILLE AU MUR EN INTERACTION DYNAMIQUE	page 96
RESUME SUR LE VOLUME D'INFLUENCE D'UNE EXPLOITATION EN SEMI-DRESSANTS	page 99
CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE	page 102
A) Effets et dimension du volume d'influence d'une exploitation	page 102
B) Conséquences pour le projet d'exploitation	page 105
 <u>QUATRIEME PARTIE : LA PORTANCE DU SOUTENEMENT MARCHANT</u>	
<u>CHAPITRE I</u> : INFLUENCE DE LA PORTANCE SUR LA DEGRADATION DU TOIT	page 108
<u>CHAPITRE II</u> : ANALYSE DE L'INTERACTION DU SOUTENEMENT ET DES EPONTES	page 110
2.1 - FONCTIONNEMENT DU SOUTENEMENT	page 110
2.2 - INFLUENCE DE LA SOLLICITATION DU TOIT	page 111
2.3 - VALEUR NOMINALE ET PORTANCE REELLE	page 112
2.3.1 - Influence de l'écart entre CP et CC ...	page 112
2.3.2 - Influence de la portance sur le rendement	page 113
2.4 - INFLUENCE DE LA PORTANCE SUR LES MOUVEMENTS DES EPONTES	page 113
<u>CHAPITRE III</u> : APPLICATIONS TECHNIQUES	page 116
3.1 - DIMINUTION DE L'ECART ENTRE LA CHARGE DE POSE ET CHARGE DE COULISSEMENT	page 117
3.2 - LA POSE ACTIVEE	page 117
3.3 - LES SEMELLES LARGES	page 119
CONCLUSION DE LA QUATRIEME PARTIE	page 121

CINQUIEME PARTIE : L'ARRIERE-TAILLE

<u>CHAPITRE I</u>	: ETUDE DU BOISAGE DANS L'ARRIERE-TAILLE	page 122
1.1	- PORTANCE DES ETAIS	page 123
1.2	- MOUVEMENTS DES EPONTES	page 124
<u>CHAPITRE II</u>	: RACCOURCISSEMENT DE LA ZONE DE TASSEMENT DU REMBLAI	page 126
2.1	- PARAMETRES QUI ONT VARIE	page 126
2.2	- COMPORTEMENT DU REMBLAI	page 127
2.3	- COMPORTEMENT DE LA TAILLE	page 127
CONCLUSION DE LA CINQUIEME PARTIE		page 130
CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES		page 131
BIBLIOGRAPHIE		page 140

- PREMIERE PARTIE -

LES SEMI-DRESSANTS DES H.B.L.
ET L'EXPERIMENTATION REALISEE

TABLEAU 1 - PRODUCTION DES H.B.L. EN MT

ANNEE	DRESSANTS	SEMI-DRESSANTS	PLATEURES	TRACAGES	TOTAL
1966	5,66	2,4	6,6	0,83	15,49
1967	5,3	2,4	6,3	1,00	15,00
1968	5,22	2,2	5,45	0,88	13,82
1969	5,36	2,8	5,01	0,70	13,87
1970	4,9	2,5	4,8	0,63	12,83
1971	4,5	2,3	4,1	0,57	11,47
1972	4,5	2,3	3,5	0,58	10,88

IMPORTANCE DES GISEMENTS PENTES

En 1972, pour une production totale de 10,88 millions de tonnes nettes de charbon exploité dans les Houillères du Bassin de Lorraine (H.B.L.), 60 % ont été extraits dans les gisements pentés comprenant :

- les dressants : inclinaison des couches supérieures à 50°
- les semi-dressants : entre 30 et 50° .

Le tableau 1 présente la production annuelle des H.B.L. pendant la période 1966-1972, décomposée selon le pendage des gisements : dressants, semi-dressants, plateures et divers traçages. Nous notons que la réduction de la production se fait principalement au détriment des exploitations en plateure. Par contre, les semi-dressants, avec un tonnage relativement constant, assurent une part de plus en plus importante de la production totale ; 15 % en 1966 atteignent 20 % en 1972. D'après les prévisions, cette tendance se conservera pendant les années à venir. Pour l'année 1980, la part de production des dressants représenterait 40 %, celle des semi-dressants 35 à 40 % et celle des plateures 20 à 25 %.

Comme nous allons le voir, la méthode d'exploitation des semi-dressants a évolué rapidement vers la mécanisation. Cependant, subsistent de nombreuses difficultés d'exploitation liées au comportement des épontes.

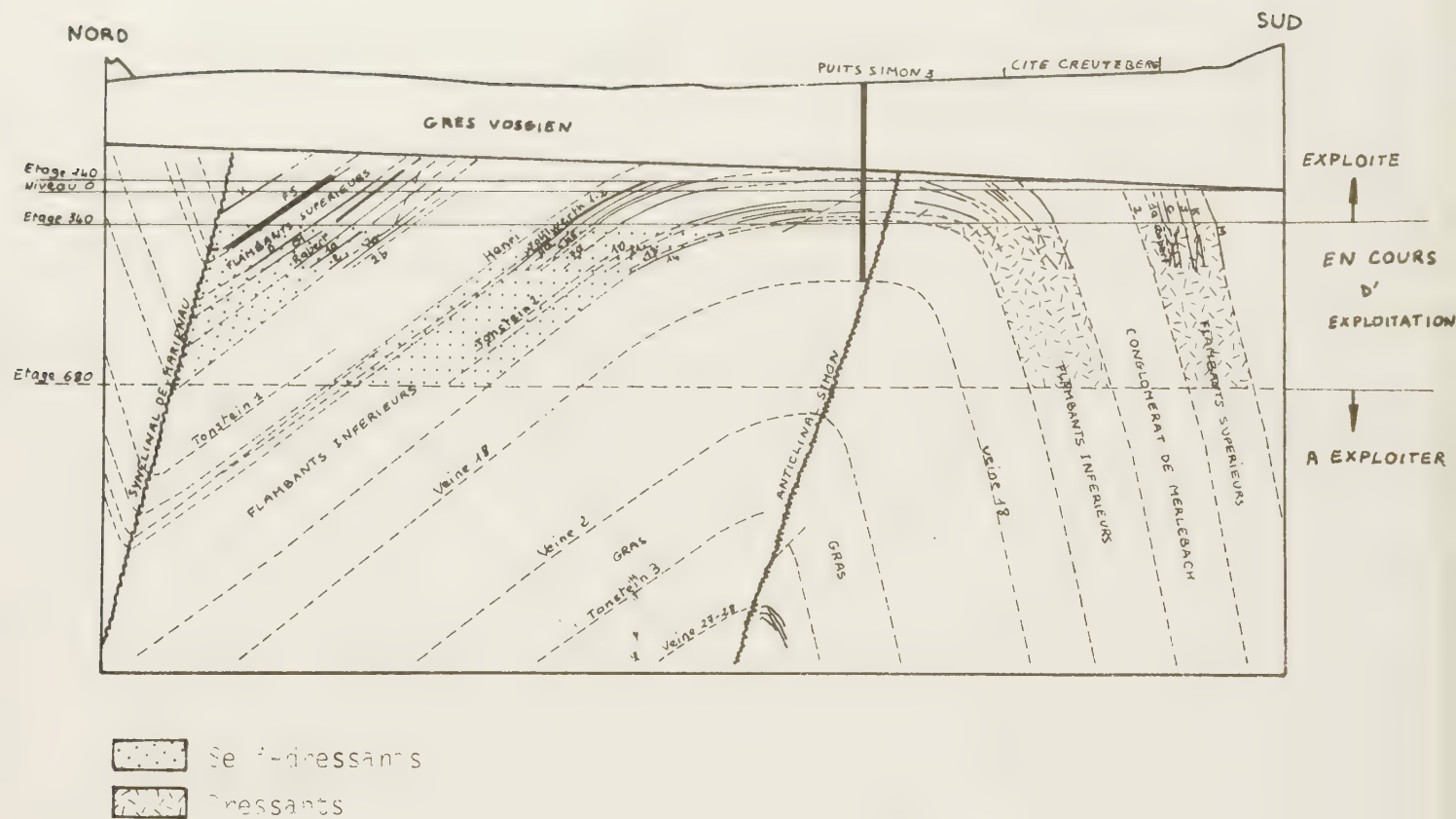
Si le mécanisme du comportement des terrains autour d'une longue taille en plateure a fait l'objet de nombreuses études, par contre, les tailles en semi-dressants n'ont pas été encore observées, or leur mécanisme de déformation et de dégradation présente un double intérêt : d'un point de vue plus fondamental, il permet de préciser l'influence de la géométrie d'une excavation sur son comportement ; d'un point de vue plus appliqué, il conditionne la rentabilité de l'exploitation d'une proportion importante du gisement.

Le travail qui est présenté ici est une contribution à la connaissance du comportement des terrains autour des exploitations minières et est appliqué ici à la recherche des solutions pratiques relatives au cas des chantiers en semi-dressants.

Ce travail, demandé par le Service Géologie, Essais, Organisation et Carrières des H.B.L. a été inscrit au programme de recherche de la Commission de Recherche Technique des Charbonnages de France, financé avec l'aide de la Communauté Economique Européenne, il nous a été confié au Laboratoire de Mécanique des Terrains de l'Ecole Nationale Supérieure de la Métallurgie et de l'Industrie des Mines de Nancy, par le Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France.

FIG 1

COURBE PASSANT PAR LE PUIT SIMON 3



HOUILLERES DU
BASSIN DE
LORRAINE

LE GISEMENT EN SEMI-DRESSANTS

Le gisement en semi-dressants est concentré dans les deux sièges SIMON et WENDEL des H.B.L.

Le siège SIMON est situé sur le grès vosgien triasique au voisinage de la frontière sarroise, à moins de 3 km des affleurements du houiller de Sarre. Les morts terrains ont une épaisseur qui varie de 70 à 190 m. Ils sont composés de grès vosgien triasique et du permien qui se confond avec lui, car il présente un faciès grésoconglomératique fin analogue à celui de la base du trias.

Le gisement est caractérisé par la très grande diversité de ses pendages (*figure 1*) . Le siège exploite une structure anticlinale dissymétrique (anticlinal de Simon), ainsi qu'une partie du synclinal qui borde cette structure au Nord-Ouest et la sépare de l'anticlinal de Merlebach (Synclinal de Marienau). L'anticlinal de Simon est considéré comme le prolongement en territoire français du grand anticlinal de la Sarre et son allure est conforme à la disposition générale des plis du Bassin. Dans ce vaste ensemble, on rencontre tous les pendages entre 10° et 90°. Les plateaux ayant été exploitées (étages 240-340), l'exploitation se fait actuellement entre les étages 340 et 680 dans les couches de semi-dressants (70 % de la production du siège) et de dressants qui se trouvent dans les deux faisceaux du Westfalien D. Les charbons en semi-dressants sont des flambants supérieurs et inférieurs.

Le siège WENDEL présente des morts terrains de même nature que ceux de Simon, mais avec une épaisseur qui varie considérablement d'une extrémité à l'autre du gisement entre 30 m et 380 m.

Les exploitations du siège se développent dans trois faisceaux : les flambants supérieurs, les flambants inférieurs et les gras. Les semi-dressants se trouvent au Sud du Synclinal de Marienau sous une partie du Siège Simon. Ils sont exploités dans les étages 440 - 660 - 750 et 850.

Dans les deux sièges Simon et Wendel, les semi-dressants présentent un faisceau très dense dont l'ouverture des veines exploitables varie de 1 à plus de 3 mètres. Elles se classent en quatre catégories selon l'ouverture :

- les veines minces de 1 à 1,50 m
- les veines moyennes de 1,50 à 2,20 m
- les veines puissantes de 2,20 à 3 m
- les veines très puissantes à plus de 3 m.

L'inventaire des réserves des semi-dressants montre que 20 % d'entre elles se situent dans les veines minces, 30 % dans les veines moyennes et 25 % dans les veines puissantes. L'objectif étant d'assurer l'exploitation de 75 % des réserves des semi-dressants, les H.B.L. ont créé une méthode hautement mécanisée introduite en 1968 dans les veines moyennes et en 1970 dans les veines minces. Notre étude portera sur les *veines moyennes mécanisées* dont l'ouverture varie de 1,80 m à 2,20 m.

Douze veines ont été exploitées par une méthode mécanisée dont quatre, les veines Ia, Wohlwerth I, 8 et 10, représentent 70 % de la production totale des tailles mécanisées pendant la période 1969-1972. Ces quatre veines ont été étudiées au cours de notre expérimentation.

La lithologie du toit fait distinguer deux catégories :

- la première catégorie des veines est la plus importante. Elle comprend les veines I, J, Ia, 5b6, 8, 10 et 12b dont le toit est peu stratifié ; 2 à 5 bancs sur les premiers mètres du toit qui se compose essentiellement de schistes gréseux et de grès dans un pourcentage de plus de 80 %. Le toit immédiat est souvent un banc de schiste gréseux.
- la deuxième catégorie, moins importante, comprend les veines Wohlwerth I et 7a dont le toit est très stratifié, 7 à 8 bancs. Le toit se compose principalement de charbon et de schistes charbonneux (35 à 65 %).

FIG 2

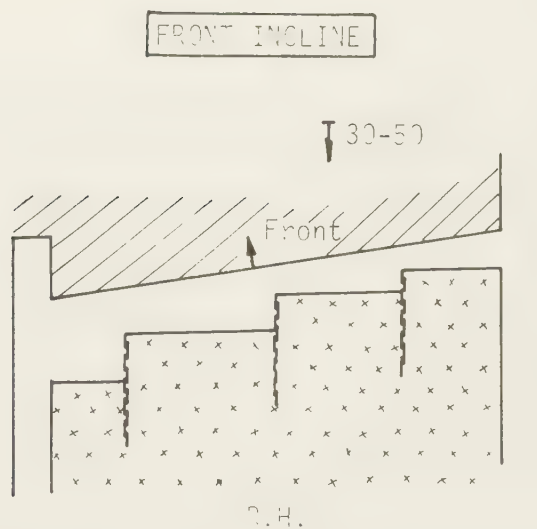


FIG 3

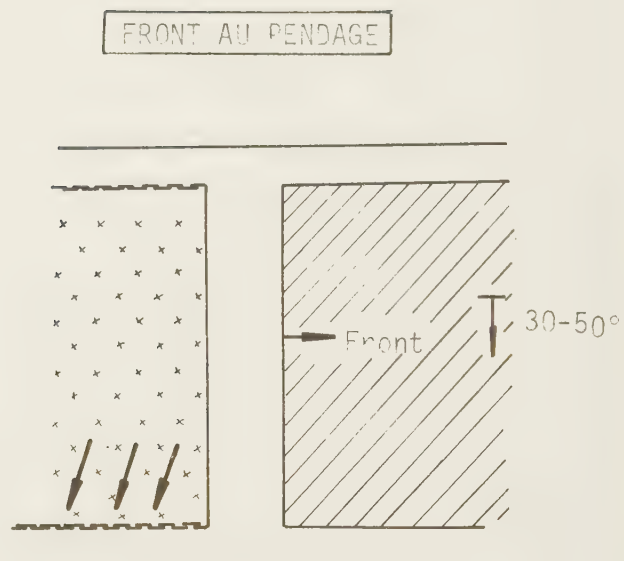
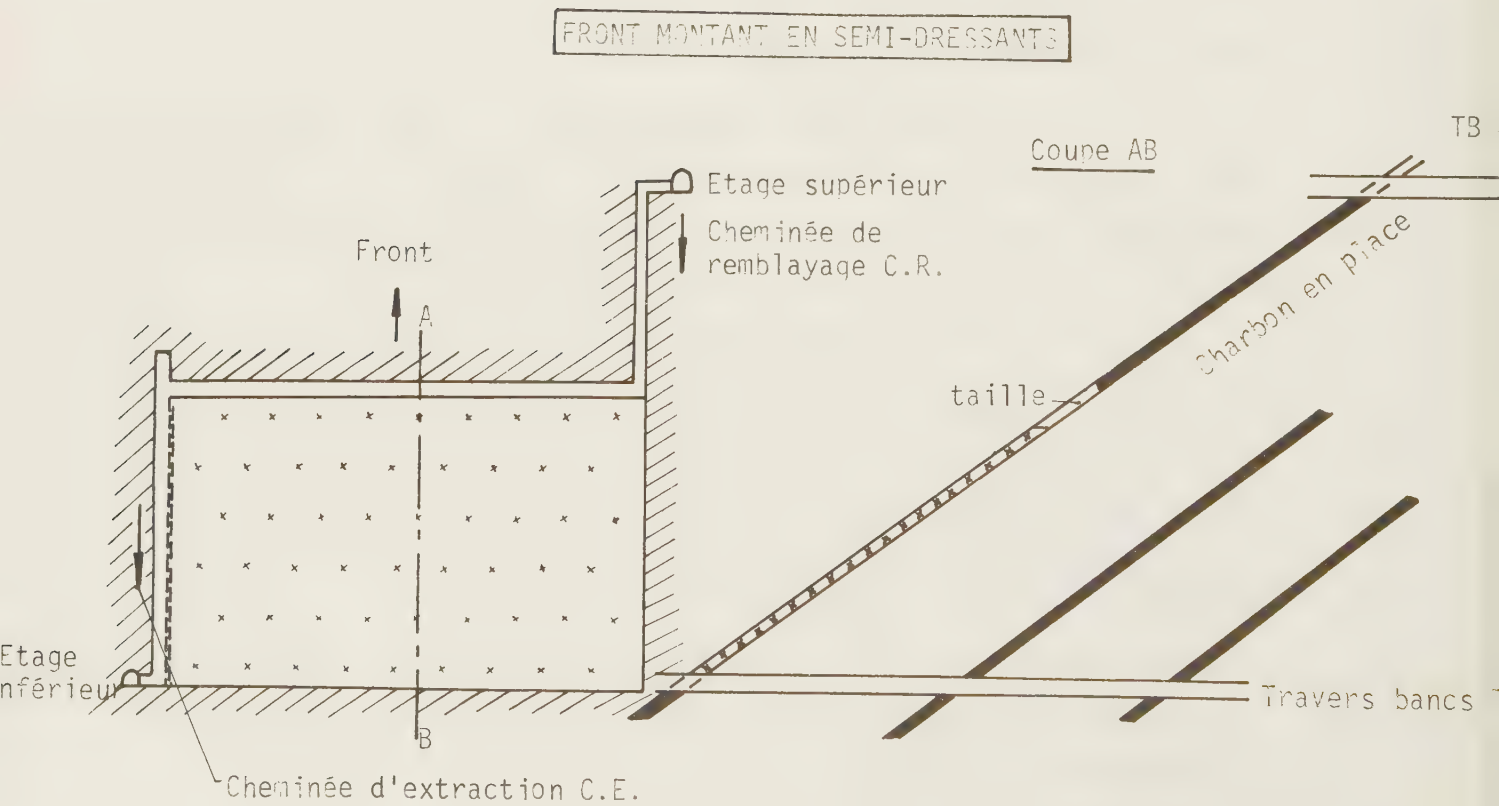


FIG 4



- CHAPITRE II -

METHODE D'EXPLOITATION DES SEMI-DRESSANTS

La condition qui va être déterminante pour la méthode d'exploitation est qu'une partie très importante du gisement des H.B.L. exige l'utilisation du *remblayage hydraulique*.

- Il s'agit d'un faisceau de veines très denses et à couches assez ouvertes où le foudroyage est difficile sans risques importants et pertes du gisement.
- Le charbon est grisouteux et inflammable
- Les terrains sont aquifères et il faut combattre les venues d'eau
- Enfin, une partie importante du gisement se situe sous des agglomérations et il faut limiter les affaissements de surface.

Le remblayage hydraulique, pour lequel on dispose d'un matériau très favorable dans la région, va imposer à son tour une contrainte sur le choix de la méthode d'exploitation qui ne peut être qu'une *taille montante*. La taille suit sensiblement les lignes de niveau de la veine, la pente de dépôt du sable est très voisine de l'horizontale et une inclinaison trop forte de la taille par rapport à cette pente imposerait la construction de plusieurs barrages. (*figure 2*). De plus, on ne peut imaginer une taille au pendage car le barrage du pied recevrait de fortes pressions et éclaterait (*figure 3*).

Le découpage d'un panneau en front montant se fait de la manière suivante :

A l'étage inférieur du roulage et de l'entrée d'air, un travers-bancs (TB déblocage) recoupe toutes les veines. A l'étage supérieur de service et de retour d'air, on trace un travers-bancs (TB retour d'air) décalé horizontalement de 150 à 200 m. Ensuite, on trace en veine une voie horizontale d'où débutera la taille et un montage au pendage qui rejoint le travers-bancs supérieur. Ce montage sert à l'aérage du chantier, à amener le remblai hydraulique et le matériel pour la future taille ; on l'appelle "cheminée de remblayage". Au fur et à mesure de la progression de la taille on laisse ouverte, dans le remblai, une cheminée au pendage partant du travers-bancs inférieur qui sert au déblocage du charbon et d'entrée d'air, c'est la "cheminée d'extraction". La figure 4 donne en plan et en coupe le schéma d'une exploitation en semi-dressants.

La méthode par taille montante a été progressivement mise au point ; non mécanisée au début, elle a connu un premier stade avec la mécanisation de l'abattage supprimant le tir, puis un deuxième avec la mécanisation du soutènement lors de l'introduction du soutènement marchant dans les tailles en semi-dressants {1} ⁽¹⁾ {2} . Cette évolution fera l'objet des paragraphes suivants .

2.1 - EVOLUTION DES METHODES D'EXPLOITATION

On peut distinguer dans le développement de la méthode par taille montante, les stades suivants :

2.1.1 - Taille à attaque unique

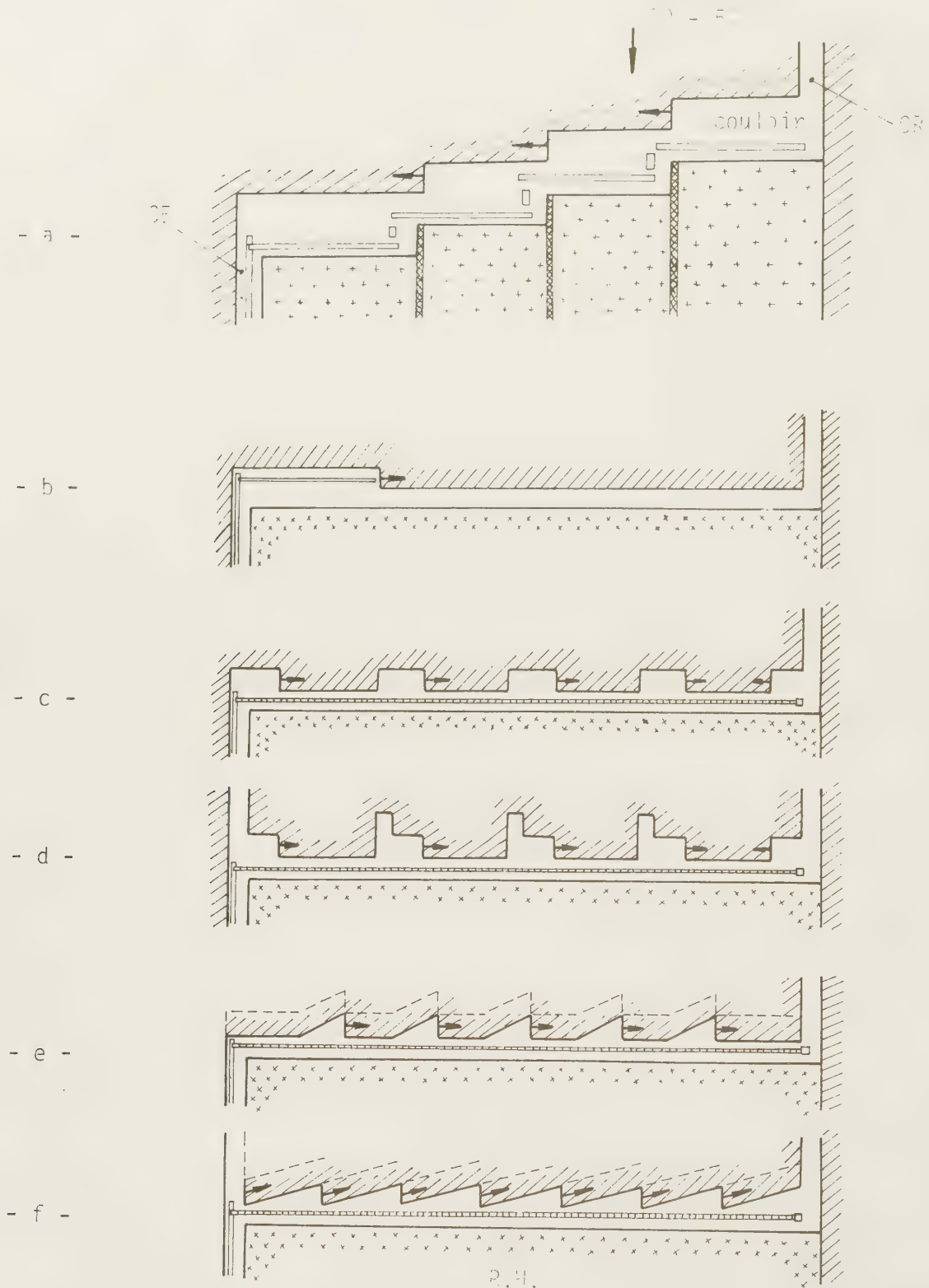
La méthode mise en oeuvre jusqu'en 1956, appelée *stossbau chassant* ⁽²⁾ était dérivée des méthodes bien connues dans les tailles en dressants.

(1) Les numéros entre parenthèses { } renvoient à la bibliographie.

(2) Le "stossbau rabattant" (figure 5a), entièrement disparu, avait 2 ou 3 fronts en escalier d'une hauteur de 4 à 8 m rabattants vers la cheminée d'extraction. Le remblayage est difficile car il faut faire un nombre important de barrages.

FIG 5

SECTION THROUGH THE DRAIN LOCATION
OF THE DRAINAGE



Le stossbau chassant (*figure 5b*) consiste en un front de 4 à 5 mètres de large, avançant le long du remblai, que l'on abat par foration et par tir. Le front chasse de la cheminée d'extraction vers la cheminée de remblayage. Le soutènement est constitué par des billes de bois soutenues par des étais. Le déblocage s'effectue par des couloirs oscillants. Le remblayage est facile, il se fait en une seule fois, quand le chantier est terminé.

Cette méthode a donné de bons rendements individuels, mais une production unitaire extrêmement réduite. Le facteur de dispersion a été à l'origine du développement des attaques multiples.

2.1.2 - Taille à attaques multiples

Elle naquit en 1956. C'est une méthode par tranches horizontales montantes remblayées hydrauliquement.

Le charbon est découpé par tranches de 5 à 6 m abattues à l'explosif comme dans la méthode précédente, mais 5 à 6 fronts ou "attaques" distants entre eux de 25 à 30 m chassent simultanément vers la cheminée de remblayage (*figure 5c*). Le déblocage est assuré par un convoyeur blindé qui déverse le charbon en extrémité de taille dans un couloir de section circulaire "tubbing" qui mène par gravité les produits jusqu'au travers-bancs inférieur. Le soutènement en taille est constitué par des billes de bois perpendiculaires au front, espacées de 1,25 à 1,50 m, soutenues par 3 à 5 étais selon la largeur de la tranche. Chaque attaque est occupée aux postes 1 et 2 par deux hommes dont le travail consiste à forer, tirer et boiser. Le charbon descendant de lui-même vers le convoyeur blindé, il n'y a pas de travail de chargement. Une fois la tranche défilée, le convoyeur blindé est ripé de la hauteur correspondante, le remblayage se fait ensuite en une seule fois.

Dans la méthode des attaques multiples, il faut préparer l'attaque du cycle suivant pour mettre le démarrage des fronts. Plusieurs méthodes furent utilisées.

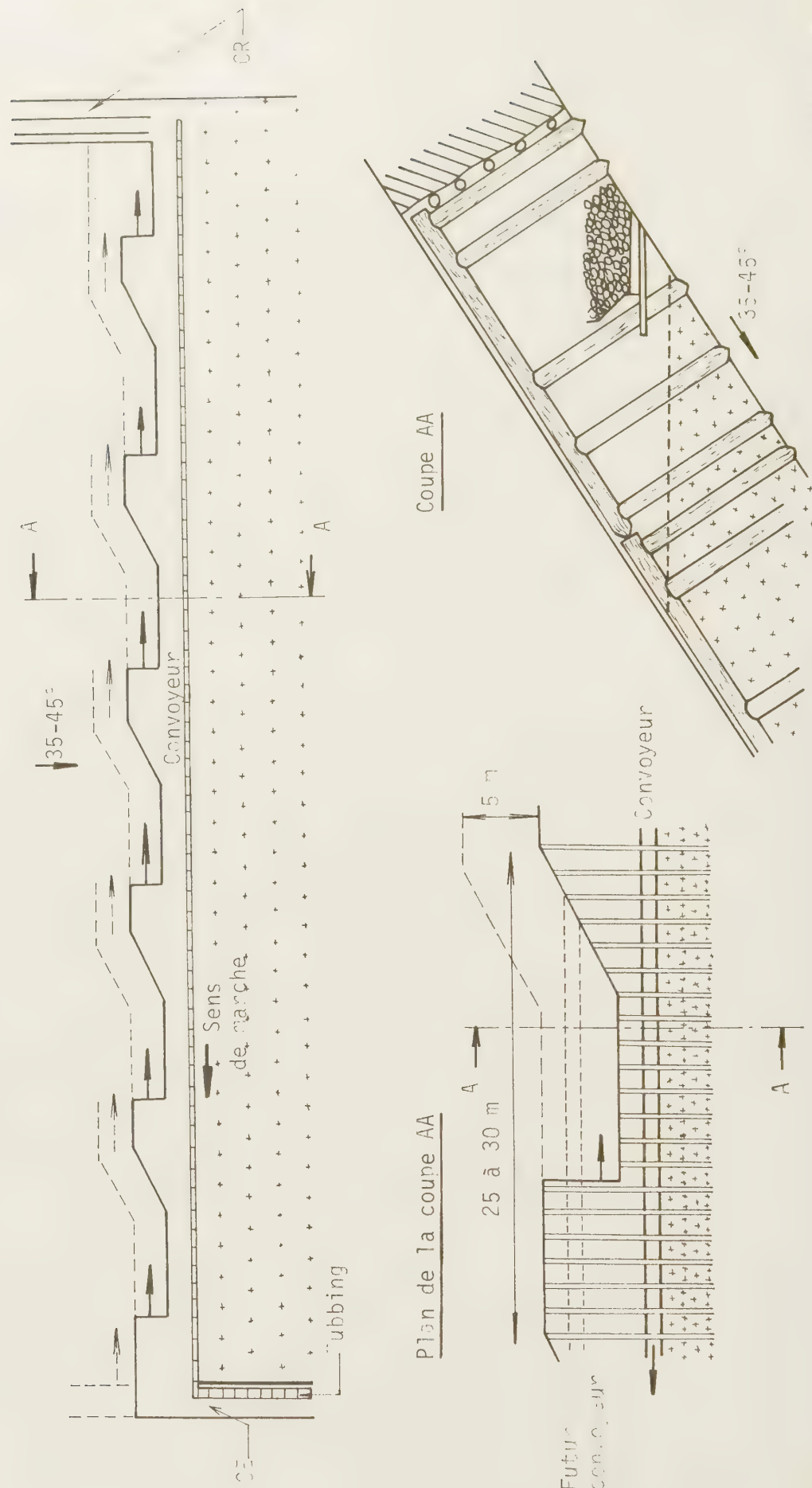
Deux attaques peuvent démarrer de la cheminée de remblayage et de la cheminée d'extraction. D'autres attaques supposent la réalisation au poste 3, dans la taille de petits montages ou "élevages" sur une profondeur égale à la hauteur de la tranche. Dans cette méthode "*attaques multiples et élevages*", la marche de la taille est continue parce que le cycle d'abattage étant terminé, le démontage du convoyeur blindé se fait en un poste (*figure 5d*). L'abattage du cycle suivant reprend à partir des élevages sans perte de production.

Cette méthode présente des difficultés et notamment le travail de nuit. En plus des problèmes d'aérage se posent pour les culs-de-sacs montants que constituent les élevages. C'est pourquoi, les élevages ont été remplacés par une "pointe" creusée au départ du panneau. Les équipes d'abattage des fronts à partir de telles pointes chassent en gardant toujours la même longueur de front (*figure 5e*). Avec l'idée directrice de la pointe on avait, en proportion presque égale, une partie horizontale puis une partie montante avec un changement de direction. Cette disposition avait un inconvénient, de couper les cadences des ouvriers, ce qui a poussé à adopter la "*méthode des dents de scie*" après plusieurs études. Les fronts chassent à 17° de la ligne générale du front de taille. Chaque équipe garde le même front, depuis la cheminée d'extraction jusqu'à la cheminée de remblayage (*figure 5f*).

La méthode des dents de scie a été remplacée, en définitive, par une variante "*les dents de scie tronquées*" qui, par rapport à la méthode précédente, réduit le toit découvert à front et améliore l'aérage de la taille. Dans cette méthode, sur les 3/4 de son chassage, le front progresse parallèlement au convoyeur blindé pour monter ensuite à 45° afin de préparer l'attaque du front suivant à la tranche supérieure.

FIG 6

METHODE DES ATTAQUES MULTIPLES EN DENTS DE SCIES TRONQUEES



La hauteur de la tranche est réduite à 3 - 5 m. La figure 6 présente la méthode des attaques multiples en dents de scie tronquées telle qu'elle est actuellement pratiquée au siège Wendel des H.B.L.

Les résultats obtenus par cette méthode ont fait qu'elle a été généralisée à l'ensemble des tailles en semi-dressants. La méthode des attaques multiples a mécanisé le chargement du charbon, mais l'abattage par tir subsiste avec ses inconvénients et ses dangers. Le tir constitue une gêne particulière dans le cas d'une grande accumulation des fronts dans une même taille et dans le gisement grisouteux ⁽¹⁾. Le pas suivant était la mécanisation de l'abattage afin de supprimer la foration et le tir.

2.1.3 - Mécanisation de l'abattage

L'introduction d'une *haveuse* à bras type *shortwall* a été une première tentative.

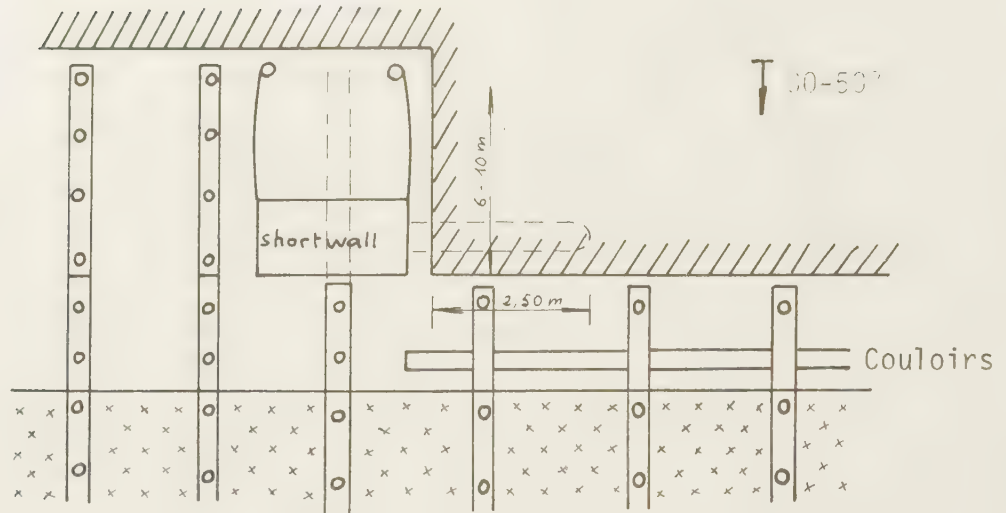
La *haveuse* crée une surface de dégagement pour aider le tir du charbon. Les attaques multiples sont remplacées par une attaque unique. La "shortwall" have un front de 6 à 10 mètres perpendiculairement au front du remblai (*figure 7a*).

Cette méthode s'est heurtée à trois inconvénients :

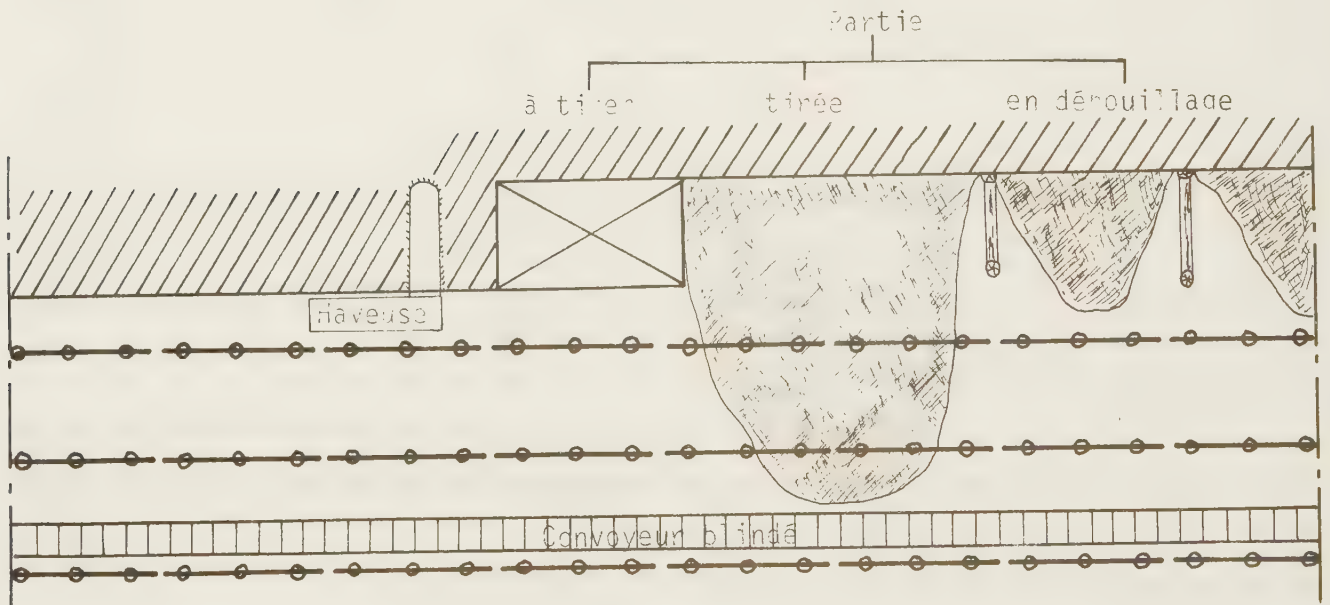
- toit découvert à front sur 2,50 m de largeur pour permettre le déplacement de la machine
- une zone de 2 m derrière le front laissée sans soutènement afin d'y loger la machine pour permettre le tir du charbon.
- enfin, la "shortwall" était mal adaptée pour les pendages 30 à 50°.

(1) Une variante a permis d'exploiter les gisements grisouteux. Cette méthode dite "du tas" consiste à utiliser une attaque et à la conduire le plus rapidement possible en séparant l'opération d'abattage de l'opération de boisage.

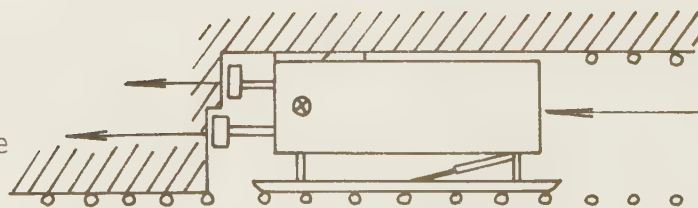
- a -



- b -

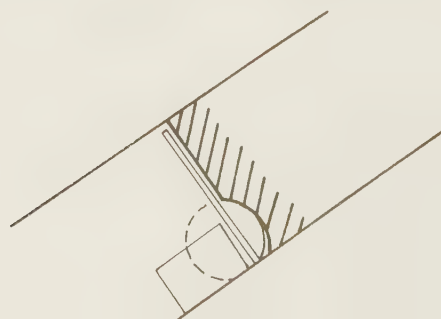


Sens de l'abattage



Machine Alacchi

- c -



Coupe

L'évolution de la méthode précédente a fait naître la "*méthode des tailles montantes à fort pendage*". Il s'agit d'une haveuse ripante ordinaire maintenue par un poussardage indépendant du boisage et qui have un champ de 1,80 à 2 m parallèlement au front du remblai. Le charbon est ensuite tiré et chargé sur le convoyeur blindé. Cette méthode exige de bonnes conditions et un personnel entraîné. Dès que les conditions deviennent douteuses, elle doit être arrêtée, sous peine de graves dangers d'accidents par chute de front (*figure 7b*). Afin de faire disparaître complètement le tir et de mécaniser l'abattage, la *machine Alacchi* a été introduite (*figure 7c*).

Déjà utilisée dans les H.B.N.P.C., pour les tailles à fort pendage, la machine Alacchi fut introduite aux H.B.L. en 1953. La machine abat de façon intégrale à l'aide de deux têtes trépaneuses une allée de 1,60 m de large tout le long de la taille. Elle s'appuie par l'intermédiaire de son ski sur une ligne d'étauçons hydrauliques provisoires. Après havage de la passe, la machine revient à vide, ski replié, dans le champ qu'elle vient d'abattre, tirée par un treuil auxiliaire. Elle est ensuite ripée dans une niche en extrémité de taille, de façon à pouvoir attaquer la passe suivante. Le soutènement définitif est réalisé en bois.

Cette méthode a été utilisée surtout dans les couches minces, mais il est bien évident que cette machine n'est utilisable telle quelle que si le charbon glisse sur le mur et va se charger sur le convoyeur blindé. Or, il faut définir un pendage optimum au-dessous duquel il faudra adjoindre à la machine un engin chargeant le charbon sur le convoyeur blindé.

Le havage intégral bidirectionnel par une haveuse déplacée sur le convoyeur blindé muni de rampes de chargement a pu résoudre en quelque sorte ce problème. La profondeur de passe est de 70 à 80 cm, ce qui réduit considérablement le découvert à front.

TABLEAU 2 : Les semi-dressants en 1968

METHODES	VEINE	PRODUCTION T/jour	RENDEMENT (1) T/h.p.
<u>Attaques</u> <u>multiples</u>	mince	122	4,5
	moyenne	240	6
	puissante	353	8,5
	très puis.	400	9
<u>Haveuses à</u> <u>bras</u>	mince	150	7,4
	moyenne	348	7,4
<u>Havage</u> <u>intégral</u>	mince	300	8,5

(1) Tonnes par homme poste.

Cette méthode, adoptée dans les tailles en plateures avec succès, était un point de départ pour l'application dans les semi-dressants. Par contre, l'utilisation des deux types de soutènement, le soutènement définitif en bois et le soutènement provisoire par étauçons individuels, réduisait son efficacité.

L'abattage mécanique mis au point avec le havage intégral est bloqué par le boisage en bois qui empêche de tirer tout le profit de la méthode. L'introduction du soutènement marchant sera l'étape suivante.

Le tableau 2 montre les rendements médiocres des méthodes exposées surtout pour les couches de moyenne ouverture, ce qui a conduit à leur abandon. Seules subsistent encore les attaques multiples en dents de scie tronquées.

2.2 - MECANISATION DU SOUTÈNEMENT - LA METHODE ACTUELLE

Afin d'assurer l'exploitation de 75 % des réserves des semi-dressants, le Bassin de Lorraine a créé une méthode hautement mécanisée répondant aux impératifs de :

- sécurité du personnel et de production
- rendement élevé par rapport à celui des méthodes précédentes dans les mêmes conditions.

Cette méthode mise en place, pour les couches de moyenne ouverture, est une adaptation des méthodes courantes d'exploitation en plateures qui s'est heurtée aux problèmes suivants :

o Le front de charbon - Le toit en porte-à-faux - Le déblocage

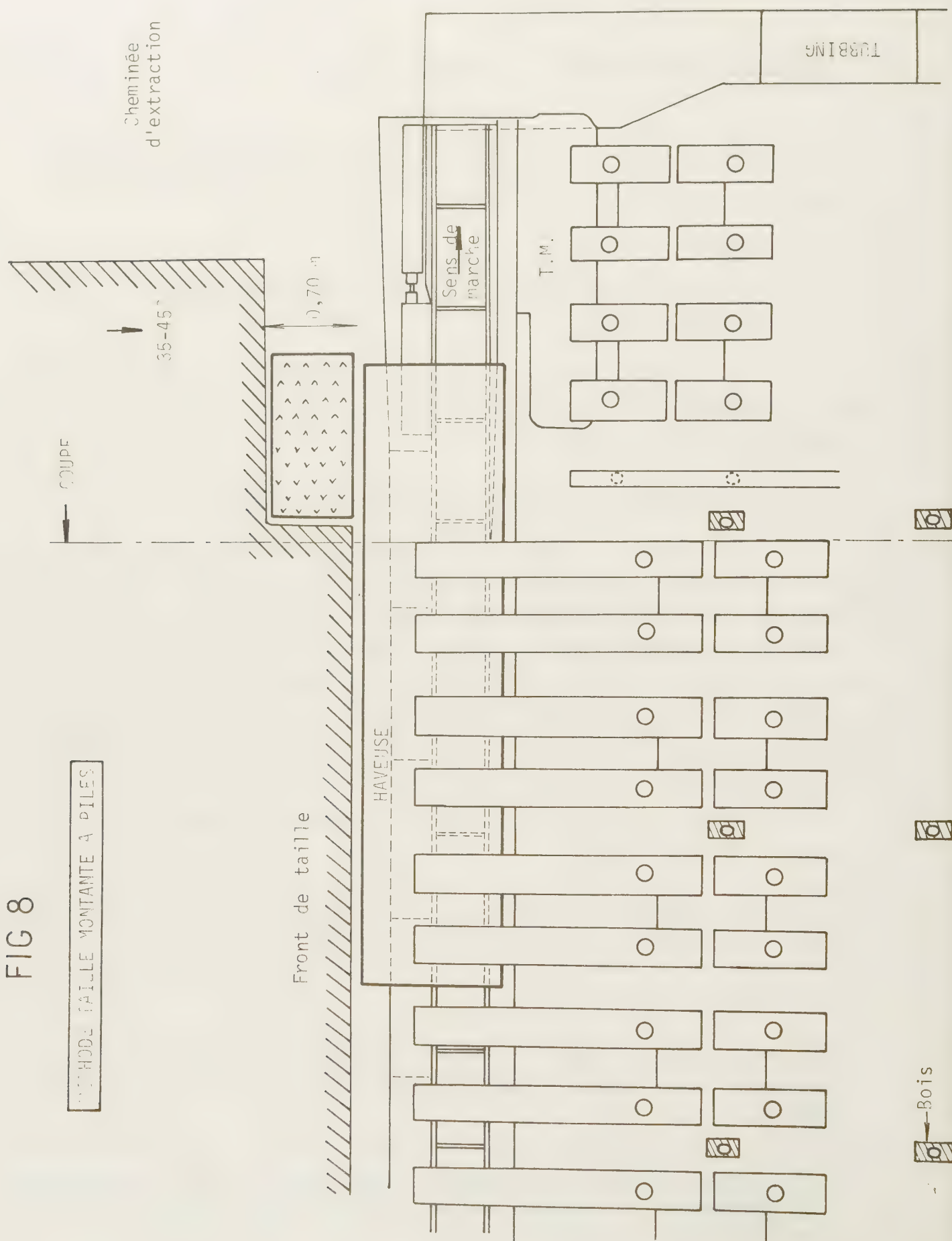
L'existence d'un front de charbon et d'un toit en surplomb est d'autant plus dangereuse que la veine est plus pentée et plus puissante, ce qui oblige l'abattage total. Les produits abattus doivent être arrêtés au niveau des rehausses du convoyeur blindé et chargés intégralement. Le porte-à-faux avant du toit doit être couvert aussitôt que possible après le havage, afin d'assurer la sécurité du personnel dans l'allée de passage. En plus, la chute de charbon "délavage du front"⁽¹⁾, dangereux dans les tailles inclinées, doit être empêché par un poussardage efficace du front.

Pour résoudre ces difficultés, il a été conçu un ensemble qui se compose :

- des piles à cadre type Ferromatik à 4 étaçons, reliées au support du convoyeur blindé . Ces piles ont de longs chapeaux en porte-à-faux vers l'avant permettant un soutien du toit découvert et sont munies d'un bouclier servant à poussarder le front.
- d'un convoyeur blindé ramené à l'horizontale à l'aide des berceaux à 40° avec rampes de chargement et des rehausses hautes, pour permettre un débit suffisant.

(1) Le délavage du front est un phénomène complexe qui est lié à une augmentation des contraintes en avant du front et dépend des caractéristiques du charbon en place.

LA MANÈGE MONTANTE A PILES



- d'une haveuse à tambour du type Ranging qui se déplace sur le convoyeur blindé. Le tambour de la haveuse est muni de pics qui en tournant pratiquent une saignée d'une profondeur de 70 à 80 cm.

Le principe de cette méthode est le suivant : les piles sont solidarisées au convoyeur blindé par un vérin qui permet d'avancer tantôt le convoyeur blindé, tantôt la pile.

o L'arrière-taille

Dans les tailles classiques à attaques multiples, l'avancement de 0,80 m/jour nécessite un remblayage par semaine. Dans une taille mécanisée qui peut progresser de 3 m/jour et plus, il est nécessaire, pour réduire le porte-à-faux arrière, de remblayer chaque jour. Malgré cela, l'utilisation d'un soutènement mécanisé entraîne entre l'arrière de la pile et le front du remblai, un découvert systématique où il n'est pas possible, sous peine de ne plus en être maître, d'accepter le foudroyage, même localisé. Un soutènement de bois est nécessaire.

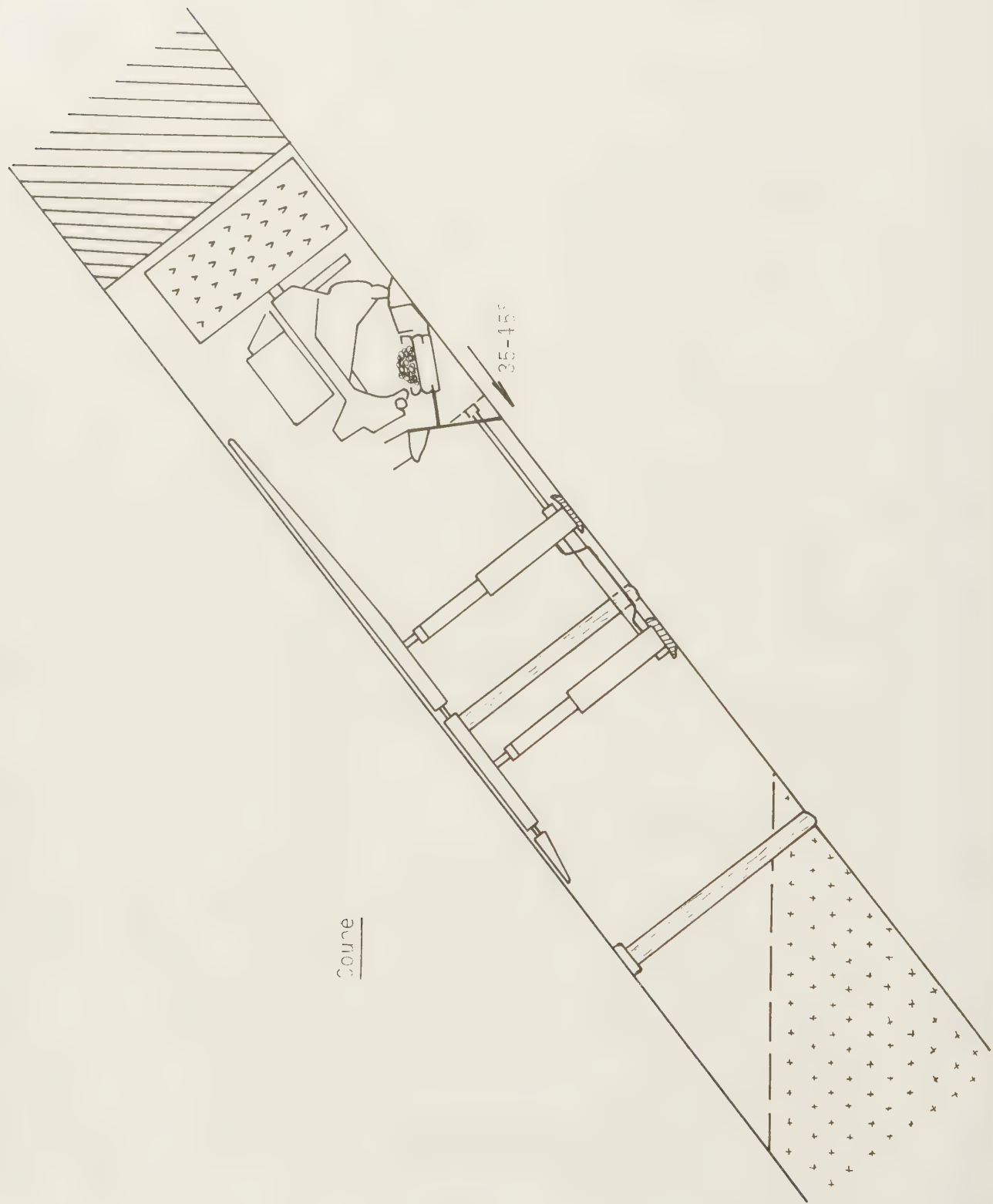
Les figures 8 et 9 présentent en plan et en coupe, une exploitation en semi-dressants, telle qu'elle est appliquée actuellement dans le Bassin Lorrain.

o Résultats de la méthode

Désireux de maintenir sa productivité à un niveau compatible avec les contraintes financières, le Bassin Lorrain a d'ores et déjà en main une méthode hautement mécanisée qui concernera à court terme 20 à 25 % de sa production journalière. A titre de comparaison, nous présentons dans le *tableau 3* le bilan des semi-dressants pour l'année 1971, exploités par attaques multiples et par soutènement marchant, méthodes utilisées actuellement {3}. Nous notons que dans les veines moyennes, le passage en taille mécanisée a permis d'augmenter la production journalière de 250 Tonnes au Siège Simon

FIG 9

VERHOE TAILLE MONTANT A PILES



et 260 Tonnes au siège Wendel avec une augmentation du rendement moyen de 4 T/h.p.

TABLEAU 3 : Les semi-dressants en 1971

SIEGE	(1) METHODE	VEINE	OUVERTURE m	PUISSANCE m	PENDAGE	LONGUEUR m	LARGEUR DE PASSE cm	VITESSE AV. m/jour	PRODUCTION T/jour	RENDEMENT T/h.p.
SIMON	SM	moyenne	2,05	1,87	32°	134	70	1,99	558	12,3
	AM	mince	1,17	1,11	33°	167	440	0,23	56	4,5
	AM	moyenne	1,88	1,82	41°	234	510	0,66	303	8,7
	AM	puissante	2,38	2,13	35°	224	480	0,56	314	8,3
	AM	très puis.	3,25	3,00	31°	210	456	0,61	461	9,8
WENDEL	SM	moyenne	2,25	1,86	34°	120	70	1,98	570	10,6
	AM	moyenne	1,85	1,65	39°	200	574	0,81	310	6,6
	AM	puissante	2,50	2,25	35°	204	507	0,73	403	8
	AM	très puis.	3,35	2,95	35°	197	492	0,56	397	8,7

(1) SM = Soutènement marchant

AM = Attaques multiples.

- CHAPITRE III -

DIFFICULTES D'EXPLOITATION LIEES AU COMPORTEMENT DES EPONTES

La méthode de taille montante avec soutènement marchant introduite au cours des années 1968-1970 est utilisée avec succès dans un nombre appréciable de chantiers, mais un certain nombre de points restent à approfondir; tant dans la mise en oeuvre de la méthode que dans son domaine d'emploi. Cela se traduit d'ailleurs, par une grande dispersion des résultats : d'une part, des productions journalières supérieures à 1000 tonnes avec des rendements taille de 25 à 30 tonnes, d'autre part, avec des résultats semblables à ceux des chantiers en attaques multiples.

Cette dispersion semble avoir pour origine les problèmes suivants :

- L'expérience a montré que les exploitations sus-jacentes ou sous-jacentes peuvent influencer le comportement d'une taille. L'interaction des exploitations dans un faisceau aussi dense que celui du gisement des semi-dressants entraîne des effets néfastes ou bénéfiques sur le comportement des terrains.
- Un autre phénomène qui touche particulièrement ce type de gisement est le délavage du front : chute de charbon. Il augmente le porte-à-faux en avant du soutènement et éloigne ainsi l'appui du toit ce qui peut favoriser les chutes des blocs du toit. De plus, la présence des discontinuités tectoniques, même de faible importance peut aggraver ce phénomène.
- Le vide créé dans l'arrière-taille, soutenu par le soutènement de bois, présente le point faible de la méthode : il entraîne une diminution du rendement et rend les conditions de sécurité délicates par suite de cette mécanisation incomplète. De plus, des chutes de blocs du toit se produisent parfois à cet endroit où rapidement le toit devient incontrôlable.

- Etant donné la vitesse d'avancement de 3 m/jour et plus, le remblayage quotidien pose le problème de la stabilité du remblai. En outre, le remblai constituant un appui du toit, peut influencer le comportement de l'arrière-taille. Ceci a justifié des études particulières menées dans le remblai hydraulique ⁽¹⁾.

Avec la méthode d'exploitation actuelle, nous pouvons agir sur :

o *La position de la taille* par rapport aux autres exploitations en cours ou anciennes. Ceci permettrait de définir le découpage du panneau ainsi que l'ordre de prise des veines du faisceau.

o *Le soutènement de la taille*. L'augmentation de la portance du soutènement dans le cas des tailles en plateures, a permis de diminuer la dégradation du toit. Dans les semi-dressants, on espère que l'augmentation de la portance du soutènement marchant et du soutènement bois, pourrait diminuer le délavage du front et la dégradation du toit.

o *Le remblai hydraulique*. La mise en place, la composition et les caractéristiques du remblai pourraient non seulement améliorer la stabilité du remblai mais aussi agir sur le comportement de la taille.

Nous avons effectué un certain nombre d'expériences "in situ" pour aborder ces différentes possibilités. Elles seront décrites dans le chapitre suivant.

(1) *La méthode d'étude du comportement du remblai a été mise au point par Monsieur POIROT du groupe Terrains du CERCHAR (Verneuil).*

TABLEAU 4 : EXPERIMENTATION, EN SUIVI-ORLÉANS

CAMPAGNE	VEINE	PANNÉE	SILICE	CHAMP	GEOMETRIE			EXPLOITATION		LITHOLOGIE		CHARGES
					P. Pro.	Q. Pro.	P. Pro.	SUS JACENT	SUS JACENT	1er banc du toit	sur 5 à 10m du toit	
82	veine 10 680	5 bis	Simon	Est	500	2,10	2,25	20-33°	14	60 cm charbon	4 bancs ch, sch, grès	1er banc du mur
83	veine 10 680	Est	Wendel	Gras B	780	1,75	1,45	40°	14	60 cm s-greX	2 bancs s-greX	1er banc du mur
84	veine 10 680	5 bis	Simon	Est	500	2,10	1,60	26°	14	60 cm charbon	2 bancs ch, s-greX, grès	1er banc du mur
85	veine 10 660	5 bis	Wendel Marionau	Simon	600	2,15	1,80	25°	130	60 cm s-gris	5 bancs s-greX, s-gris	Flambants Gras A
86	veine 10 680	2 1	Simon	Est	650	1,73	1,68	30°	130	60 cm charbon	2 bancs s-greX, grès	Flambants Gras A
87	veine 10 550	2	Simon	Nord-ouest	480	2,20	2,10	30°	125	60 cm s-greX	3 bancs s-greX, grès	Flambants Gras A
88	veine 10 440	2	Simon	ouest	600	1,75	1,75	26°	200	60 cm s-greX	5 bancs s-greX, grès	Flambants Gras
89	veine 10 440	2	Simon	central	400	1,70	1,75	24°	130	200 cm s-schab.	2 bancs ch, s-schab., s-greX	Flambants Gras
90	veine 10 440	2	Simon	central	400	1,70	1,75	24°	130	200 cm s-schab.	2 bancs ch, s-schab., s-greX	Flambants Gras

- CHAPITRE IV -

EXPERIMENTATION REALISEE EN SEMI-DRESSANTS

Pendant la période 1968-1972, les efforts du Bassin Lorrain ont porté sur le contrôle du front de charbon, du soutènement, de l'arrière-taille et des extrémités des tailles prises en semi-dressants. Parallèlement, une expérimentation importante dans le domaine des pressions de terrains a été mise en oeuvre.

Dix campagnes de mesures qui portent les numéros codés : 82, 83, 84, 85, 88, 89, 90, 93, et 94 ont permis de mener l'étude de quatre veines : la veine IA, la veine Wohlwerth I, la veine 8 et la veine 10 exploitées dans les deux sièges Simon et Wendel des H.B.L. Elles représentent respectivement : 13 %, 4 %, 5 %, et 48 % du tonnage extrait pendant la période de l'expérimentation, soit 70 % au total sur 1,8 MT extraites par tailles mécanisées.

La méthode d'exploitation est restée constante : taille montante avec soutènement marchant et soutènement bois dans l'arrière-taille remblayée chaque jour.

L'expérimentation réalisée forme un ensemble cohérent, comme le montre le *tableau 4* et correspond aux caractéristiques moyennes des tailles mécanisées présentées dans le *tableau 3*.

- Géométrie

. La profondeur moyenne des panneaux étudiés est de 500 m par rapport à la surface, elle varie de 360 à 780 m. C'est la profondeur des exploitations actuelles entre les étages 440 à 850.

. L'ouverture des veines est en moyenne de 2 m avec 1,75 m comme ouverture inférieure et 2,30 m comme ouverture supérieure. Il s'agit donc de veines de moyenne ouverture qui assurent les principales réserves des semi-dressants.

. Le pendage perpendiculairement au front, varie de 30° à 40° avec une valeur moyenne de 34°. A l'intérieur d'un panneau, le pendage varie peu, exception faite de la campagne 82 qui a été la plus longue : 200 m de chassage.

. La longueur des tailles est d'environ 130 m, sauf pour la campagne 88 (87 m) et la campagne 90 (200 m).

- Autres exploitations

L'exploitation des différents panneaux a été faite sous des conditions très variées par rapport aux autres exploitations situées au toit ou au mur des veines. Nous avons eu des panneaux hors de toute influence, des panneaux influencés par d'autres exploitations sus-jacentes situées entre 25 m et 150 m au toit et des panneaux influencés par des exploitations sous-jacentes situées entre 20 et 85 m au mur. Des conditions différentes ont été rencontrées au cours de l'observation d'un même panneau.

- Lithologie des épontes

Le premier banc du toit des veines étudiées se compose dans 6 cas de charbon ou schistes charbonneux et dans 4 cas de schistes gris ou de schistes gréseux. Les toits étudiés sont assez homogènes, exception faite de la veine Wohlwerth I. Sur les premiers mètres du toit (5 à 10 m), nous trouvons 2 à 5 bancs distincts qui se composent de schistes gréseux et de grès dans une grande proportion. Par contre, le toit de la veine Wohlwerth I se distingue du groupe ; très stratifié (7 bancs) avec une part prépondérante de charbon et de schistes charbonneux.

Le mur est dur et se compose de schistes gréseux sauf pour la campagne 89 qui se distingue par son mur de schistes charbonneux, très tendres.

- Charbon

Les charbons des veines étudiées se classent dans les flambants gras B, les flambants gras A et les gras B, avec une résistance à la rupture en compression simple $RC = 150$ à 230 bars.

LA METHODE D'ETUDE EN TAILLE

Le principe de la méthode est de concentrer l'ensemble des mesures nécessaires à une vue complète des différents aspects d'une exploitation. Les 10 campagnes ont été découpées en plusieurs parties que l'on appelle *section* de mesure. Le découpage se fait selon les modalités étudiées : soutènement, boisage de l'arrière-taille, situation sous ou sus-jacente afin d'isoler des zones à l'intérieur desquelles les différentes conditions naturelles et d'exploitation restent constantes. Les comparaisons permettent d'étudier les influences des différents paramètres d'exploitation.

Dans chaque section ont été effectuées les mesures mises au point par l'étude des tailles en plateure, mesures permettant de caractériser le :

. Comportement du toit

- déformations (convergences)
- dégradations (plans de fracturation et de chute de toit)

. Comportement du soutènement

- portance (pression de pose, mise en charge, rendement)
- coulisement et éventuellement pénétration des épontes

CAMPAGNE	PHASE	SECTION	SITUATION				CARACTERISTIQUES DU CHAMPIER							S. MARCHANT				S. BOIS		REMBLAI		
			L _T	L _M	E _T	E _M	Nbre des cycles	Durée moy. des cycles, mn	Vitesse av. m/jour	Production T/jour	Rendement T/h.p.	Nombre de postes	TYPE	Circuit hydraulique bars	Charge de pose T/m.f.	Charge de coulisement T/m.f.	TYPE	2 de toit m par bois	TYPE	F ₁ en m		
82	1	1			135		115	26	2,0	1600	24,0	3	Ferro. s. larges	260	66	106		2,5	s	3,60		
	2	1	65				115	26	2,0	1600	24,0	3		250	64			4				
	3	1			65		115	26	2,0	1600	24,0	3		260	66			2,5				
	4	1	30				115	26	2,0	1600	24,0	3		260	66			2,5				
	1	2	135				115	26	2,0	1600	24,0	3	Ferro.	260	66			2,5	2,50			
83	1	1	50	100			64	900	1,6	330	6,5	3	(Ferro.) S.M.F.	220	56	106		4,5	s	2,00		
	2	1		100	60		64	900	1,6	330	6,5			240	61							
	3	1		100	60		37	390	2,4	580	15,4			220	56							
	4	1			60		20	460						240	61							
	1	2	100	60			64	900	1,6	330	6,5			220	56							
	2	2	100				60	600						240	61							
	3	2	100				60	37	420	2,4	580			15,4	240						61	
	4	2					60	20	490													
84	1	1	60				30	480				3	Ferro.	230	59	106		2,1	s	3,40		
	2	1	60				30	500														
	3	1			60		40	360	3,6	870	14,5											
	1	2	60				30	380														
	2	2	60				30	450														
	3	2			60		40	360														
85	1	1				20	62	570	3,8	696	11,7	2	Ferro.	210	54	106		2,1	s	4,80		
	2	1				20	45	570	2,6	560	10,0											
	3	1				20	40	770	3,8	696	11,7											
	1	2				20	62	460	2,6	560	10,0											
	2	2				20	45	534														
	3	2				20	45	800	2,6	560	10,0											
87	1	1					52		3,0	626	17,5	2	Ferro.	240	61	106		2,1	s			
88	1	1					74	360				3,4	Ferro.		59	106		2,1	s	2,00		
	1	2					72	360	3,4	628	16,0		Ferro. moy. port.	230	87	160						
	1	3					71	360					Ferro.		59	106						
89	1	1			120		53	200				3,8	Ferro.		68	106		2,1	s	2,60		
	2	1			120		60	340					Ferro. + pil. Marrel		114	178						
	1	2	75				52	300	3,8	840	28,6		Marrel moy. port.	270	88	133						
	2	2			75		57	300														
	1	3	75				38	220					Ferro.		68	106						
	2	3			75		60	360														
90	1	1			45	20	65	1500	1,0	380	9,6	3	Ferro.	200	51	106		2,1	s craie	1,80		
93	1	1					52	400	3,0	650	19,8	2	Ferro.	300	76	106		4	s	1,00		
	2	1					38	500	2,5					200	51							
	3	1					12	1700	1,3					300	76							
	1	2					53	360	3,0	650	19,8			200	51							
	2	2					33	500	2,5					300	76							
	3	2					13	1700	1,3					200	51							
94	1	1					62	1000	1,3	408	12,0	2	Ferro.	230	59	106		4	s			
	2	2		60			25	1660														
	3	2				60	66	830	2,2	522	16,4											

(1) L_T = présence d'une limite d'exploitation au toit à ... mL_M = présence d'une limite d'exploitation au mur à ... mE_T = veine exploitée au toit à ... mE_M = veine exploitée au mur à ... m(2) boisage avec pointe  et sans pointe  au mur

(3) s = sable

sch = remblai à fort % de schistes

(4) F₁ = distance moyenne, des vérins arrière au remblai, mesurée au mur.

. Organisation du chantier

- distance non soutenue qui permet de calculer le délavage du front, mise en place du soutènement, contact du soutènement avec les épontes, traitement de l'arrière-taille.

. Mesures particulières

- portance du soutènement bois dans l'arrière-taille, comportement du remblai, capsules pressiométriques en avant du front ...

Pour permettre la comparaison entre cas expérimentaux et le dépouillement automatique des mesures, une standardisation des mesures a été définie.

- Caractéristiques du chantier

Le tableau 5 présente les 10 campagnes découpées en 45 sections de mesures. En ce qui concerne la présence des autres exploitations au toit ou au mur de la section étudiée, nous avons noté la plus proche. Chaque section comprend en moyenne l'observation de 50 cycles d'avancement de la taille. A chaque cycle on effectue un certain nombre de mesures liées aux travaux de la taille. Un cycle de la taille commence après le ripage du soutènement et du convoyeur blindé par la pose d'un nouveau doublet de convergences. Le nombre total des cycles étudiés s'élève à 2.286 soit 1600 m d'avancement ; 1 cycle = largeur de passe soit 70 à 75 cm.

La durée moyenne des cycles des sections étudiées s'élève à 500 minutes pour les cas d'un abattage à trois postes journaliers et 700 minutes pour deux postes d'abattage. Cette durée varie de 200 minutes à 1.700 minutes lorsque les perturbations en taille son importantes. La vitesse moyenne d'avancement liée à la durée des cycles varie elle aussi de 1 à 5 m/jour avec une valeur moyenne de 3,2 m/jour pour les tailles à trois postes d'abattage et 2,7 m/jour pour les deux postes.

La production journalière varie de 380 T/jour à 1670 T/jour avec une moyenne de 700 tonnes et le rendement taille de 6,5 T/h.p. (tonnes par homme poste) à 28,6 T/h.p. avec 16 T/h.p. comme valeur moyenne.

- Soutènement marchant

Dans la majorité des cas, les sections étaient équipées par le soutènement marchant type Ferromatik adapté pour les semi-dressants, avec une charge de pose qui varie de 51 à 76 T/m.f. ⁽¹⁾ (200 à 300 bars la pression du circuit hydraulique) et une charge au coulisement de 106 T/m.f. (420 bars pression de tarage des soupapes). D'autres types de soutènement à portance plus élevée ont été étudiés ; la charge de pose passe alors de 87 à 114 T/m.f. et la charge au coulisement de 133 à 178 T/m.f.

- Soutènement bois et remblai

La densité du boisage de l'arrière-taille a varié selon les cas de 2,1 à 4 m² de toit par bois. Les contacts des étais de bois avec le mur en forme de pointe (V) ont été modifiés par suite de nos suggestions en supprimant la pointe (U).

Le remblai a été constitué de sable excepté le cas de la campagne 84 où un remblai à fort pourcentage de schistes a été étudié. La distance moyenne au cours d'une journée de travail, entre le bord du remblai et l'arrière du soutènement marchant, a varié de 1 m à 4,80 m selon les différentes sections étudiées.

(1) La portance par m² de surface de toit est plus couramment utilisée, mais sa détermination est délicate car elle dépend de la distance non soutenue à front ainsi que du porte-à-faux de l'arrière-taille. D'autre part, la largeur ouverte de la taille a peu varié dans les différents chantiers étudiés. Nous retiendrons donc la portance en tonnes par mètres de front (T/m.f.).

CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE

La méthode d'exploitation des tailles en semi-dressants du Bassin Lorrain a évolué vers la mécanisation complète de l'abattage et du soutènement.

Cette méthode par taille montante et ramblayage hydraulique, hautement mécanisée, a eu des résultats excellents mais s'est parfois heurtée à de grandes difficultés liées au comportement du toit.

Pour en rechercher les causes et les solutions, une expérimentation importante a été réalisée. Des mesures standardisées ont été effectuées dans 10 tailles prises dans 4 veines différentes. Au total, 45 sections de mesure ont été implantées et l'observation a porté sur 1600 mètres d'avancement du front. Les veines étudiées représentent 70 % du tonnage extrait par taille mécanisée dans la période où s'est déroulée l'expérimentation (1968-1972).

L'implantation des sections de mesures a permis d'obtenir des résultats concernant des essais de modification de la méthode d'exploitation (soutènement marchant, soutènement bois et le remblai). Parallèlement, la synthèse des observations permet d'éclairer le mécanisme du comportement des terrains autour de ce type d'exploitation et sera l'objet de la partie suivante où nous présenterons nos résultats en liaison avec ceux établis précédemment pour une longue taille en plateure foudroyée.

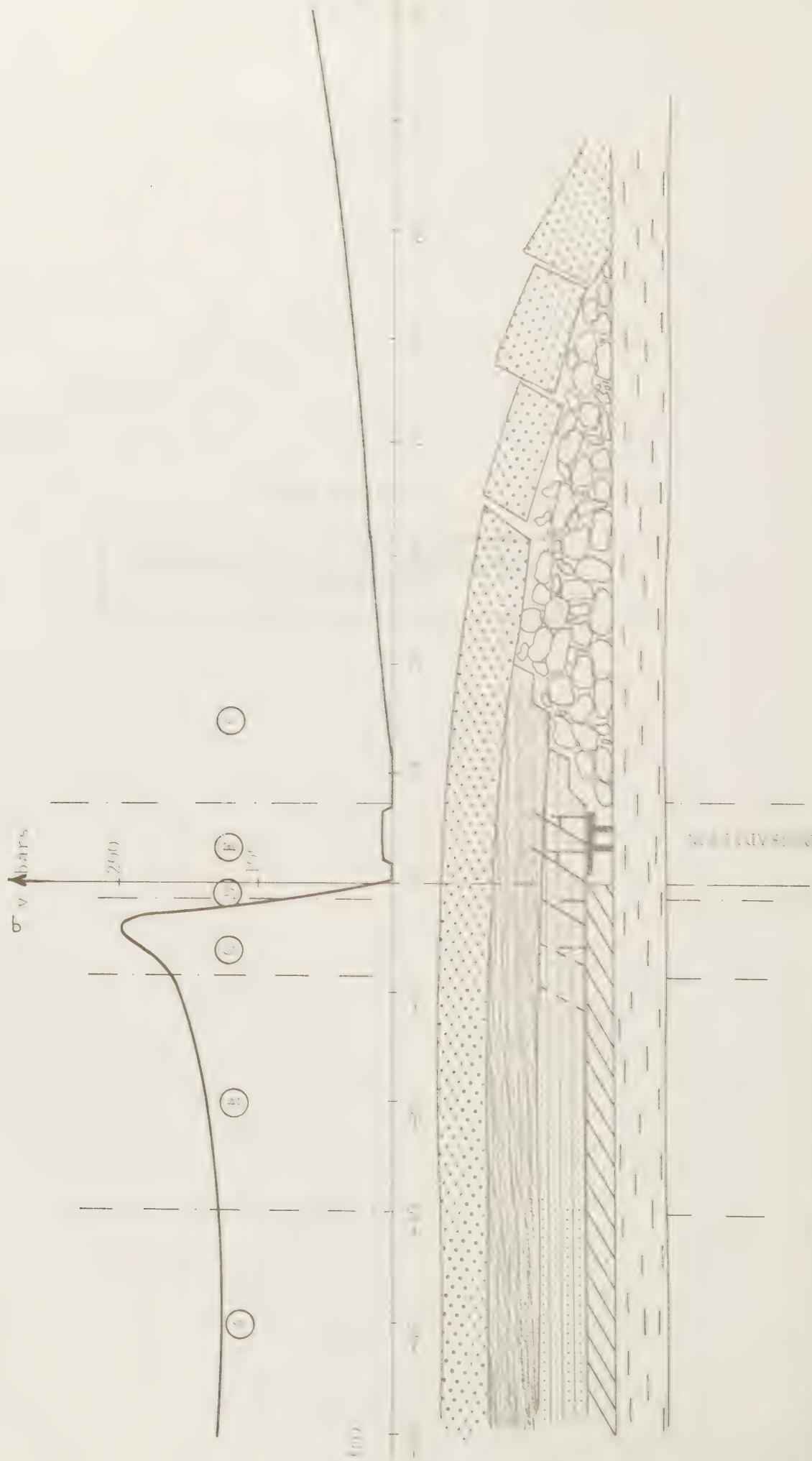
L'analyse du comportement des terrains permet de dégager des propositions qui seront développées dans les parties qui suivent (3ème, 4ème et 5ème).

- DEUXIEME PARTIE -

COMPORTEMENT DES TAILLES MECANISEES
EN SEMI-DRESSANTS

FIG 10

SCHEMA DU COMPORTEMENT D'UNE LONGUE
TAILLE EN PLATEURE FOUDROYEE



- CHAPITRE I -

RAPPEL DES PRINCIPAUX RESULTATS CONCERNANT LES TAILLES
EN PLATEURES FOUDROYEES

Plusieurs études ont permis d'étudier le comportement des terrains sous l'influence d'une longue taille exploitée en plateure. L'exploitation par longue taille transforme le toit immédiat, en avant du front, en un milieu discontinu, fait de blocs dont la forme et les dimensions sont déterminées par les fissures ou les *fractures ouvertes d'exploitation* parallèles au front et la tectonique du toit. Ces blocs se déplacent les uns par rapport aux autres jusqu'au foudroyage et peuvent provoquer dans la partie ouverte de la taille des décrochements, des chutes de toit et dans les cas extrêmes des éboulements.

Les mesures suivantes : variations des contraintes dans le charbon en place et déplacements le long des fractures en avant du front, déformations verticales et horizontales et enfin mesures des contraintes dans le foudroyage, ont permis de schématiser la veine et le toit d'une taille de la manière suivante (*figure 10*).

- En avant du front (zone A) à plus de 30 m, les terrains sont en équilibre et l'approche du front de la taille n'est pas décelable.
- Entre 30 et 8 m (zone B), la contrainte verticale mesurée dans le charbon en place croît lentement. Dans 14 veines, cette montée a été décelée à une distance moyenne de 20 m par rapport au front de la taille. Dans cette zone, on peut admettre un comportement élastique des terrains.
- Entre 8 et 2 m (zone C), la contrainte verticale dans le charbon atteint son maximum qui se situe à 3,5 m en moyenne du front. La distance du maximum par rapport au front dépend de différents paramètres comme : la résistance du charbon, la vitesse d'avancement de la taille, la présence des exploitations au toit et au mur etc ... La veine et les premiers bancs

du toit subissent une expansion parallèle à la stratification vers le vide créé par la taille. Dans cette zone, les déplacements restent faibles mais les conditions sont remplies pour qu'apparaisse une fissuration due à l'exploitation {4} et {5}.

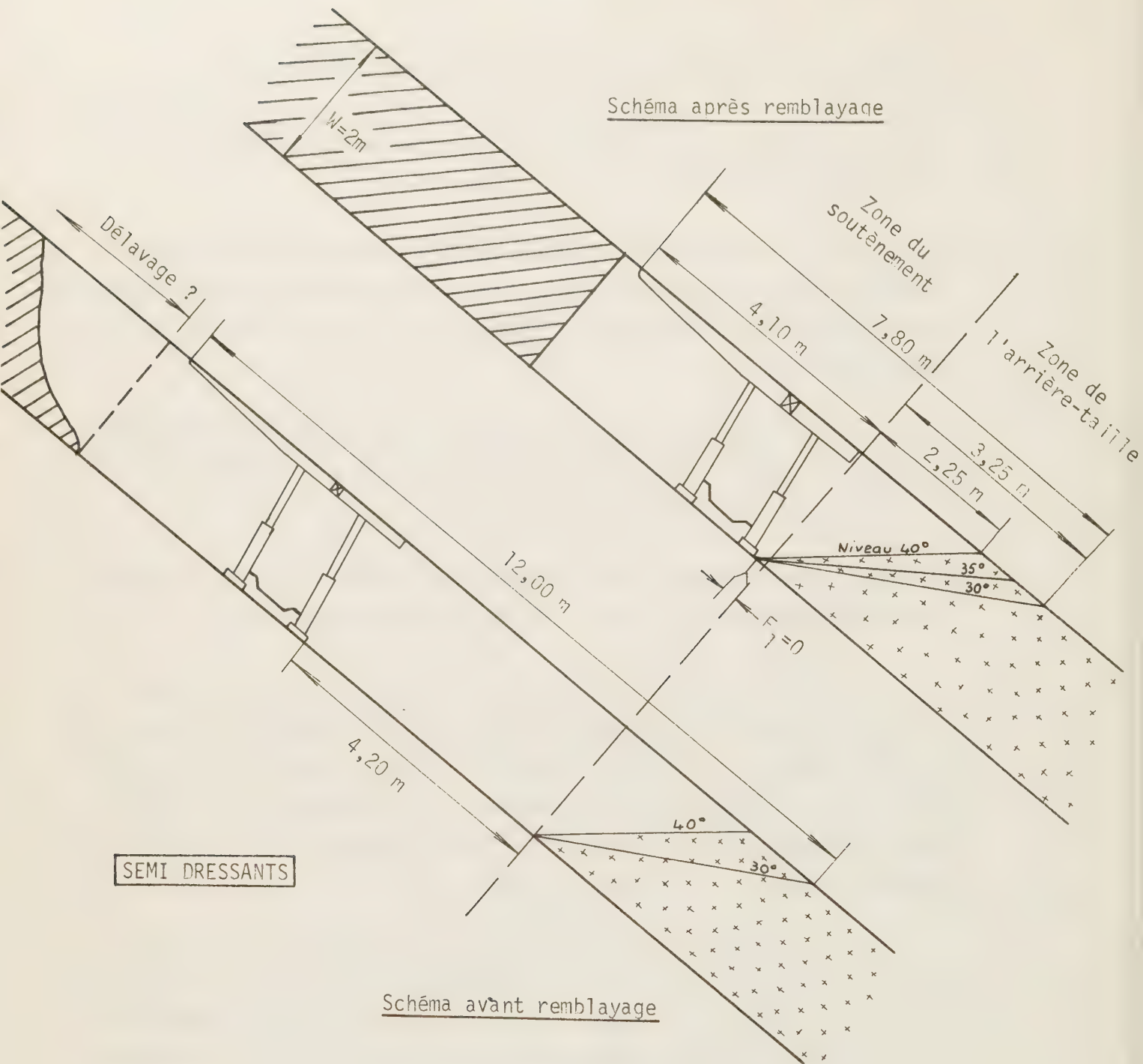
- Dans la zone D, la veine a un comportement plastique. Les contraintes chutent rapidement mais les déplacements sont importants. Les déformations sont obtenues par glissement le long des fractures et fluage de la veine vers la taille.
- Au-dessus de la taille (zone E), le toit se compose de blocs délimités par des fractures d'exploitation parallèles au front. Les dégradations du toit se produisent dans cette zone.
- Derrière le soutènement c'est le foudroyage (zone F). Le toit se détache en blocs qui remplissent le vide créé par l'abattage du charbon.

Dans un cas {6} , les contraintes verticales ont été suivies dans les terrains foudroyés. La montée en pression est constante (0,75 bars par mètre d'avancement) et le niveau atteint à 120 m du front n'est égal qu'à 3/5 de celui du recouvrement des terrains. Ceci montre que les pressions montent lentement dans le foudroyage (faible recompression) et doivent se stabiliser très loin en arrière du front.

Le mécanisme de dégradation du toit en taille dans ce type de chantiers est le suivant : le toit immédiat de la taille qui est un milieu continu, se transforme en avant du front en milieu discontinu découpé en blocs par des fractures d'exploitation parallèles au front. Ces fractures se produisent tous les 1 à 3 avancements et sont à l'origine des chutes de toit en taille. En effet, lorsqu'une fracture d'exploitation est découverte à front, se produit un fort déplacement du toit accompagné d'un basculement vers l'arrière-taille. Les blocs du bas toit délimités par les fractures subissent alors des efforts importants qui font apparaître les décrochements et les chutes de toit.

FIG 11

LA GEOMETRIE DE L'EXPLOITATION



PLATEURE

- CHAPITRE II -

COMPORTEMENT DES TAILLES MECANISEES EN SEMI-DRESSANTS

Les effets d'une exploitation en semi-dressants avec remblayage hydraulique seront différents de ceux dus à une longue taille en plateure du fait même des différences de méthode d'exploitation.

Nous allons distinguer deux différences fondamentales :

- la géométrie de l'exploitation
- le traitement de l'arrière-taille par remblai hydraulique.

2.1 - LA GEOMETRIE DE L'EXPLOITATION

La largeur ouverte d'une exploitation en semi-dressants est plus importante que celle d'une taille en plateure. L'utilisation d'un soutènement marchant dans une taille inclinée entraîne, entre l'arrière de la pile et le front de remblai, un découvert systématique (*figure 11*) lié :

- à la pente du chantier
- à la vitesse d'avancement, car il n'est effectué qu'un remblayage par jour.

D'autre part, la largeur ouverte peut être augmentée par les chutes de charbon : délavage du front. On comprendra aisément que ce délavage, du fait de la pente, est plus important que dans le cas des plateures.

Pour une taille pentée de 30°, ouverture 2 m, vitesse journalière de 4,2 m (6 passes) et sans délavage de front, nous obtenons le toit découvert suivant :

TABLEAU 6 - LE TOIT DECOUVERT EN TAILLE

TOIT	APRES REMBLAYAGE		AVANT REMBLAYAGE	
En avant des piles	0.45	6 %	0.45	4 %
Sur les piles	4.10	52 %	4.10	34 %
Dans l'arrière-taille	3.25	42 %	7.45	62 %
	7.80m	100 %	12.00m	100 %

D'après ce tableau, nous voyons l'importance du toit découvert dans l'arrière-taille ; il représente 42 à 62 % de la largeur totale de la taille, ce qui nécessite la pose d'un soutènement par pilots de bois. Dans les tailles en plateure, le toit est soutenu par le soutènement sur 3 à 4 m ; le foudroyage s'effectue derrière les piles.

Ce découvert a conduit au remblayage journalier des tailles mécanisées en semi-dressants à avancement rapide. Par contre, les tailles classiques à attaques multiples avec un avancement de 0,80 m/jour ne nécessitent qu'un remblayage par semaine.

2.2 - LE TRAITEMENT DE L'ARRIERE-TAILLE PAR REMBLAI HYDRAULIQUE

Une différence fondamentale qui distingue la majorité des tailles en plateure et les semi-dressants, c'est le traitement de l'arrière-taille : foudroyage dans un cas, remblai hydraulique dans l'autre. Le remblai hydraulique remplissant une grande partie du vide exploité va influencer l'affaissement maximum du toit et les mouvements dans la partie ouverte de la taille.

Dans ce paragraphe, nous présenterons d'abord les résultats des études faites par ailleurs sur le comportement du remblai et par la suite nous étudierons leur liaison avec nos propres mesures effectuées en taille.

2.2.1 - Déformations et contraintes dans le remblai

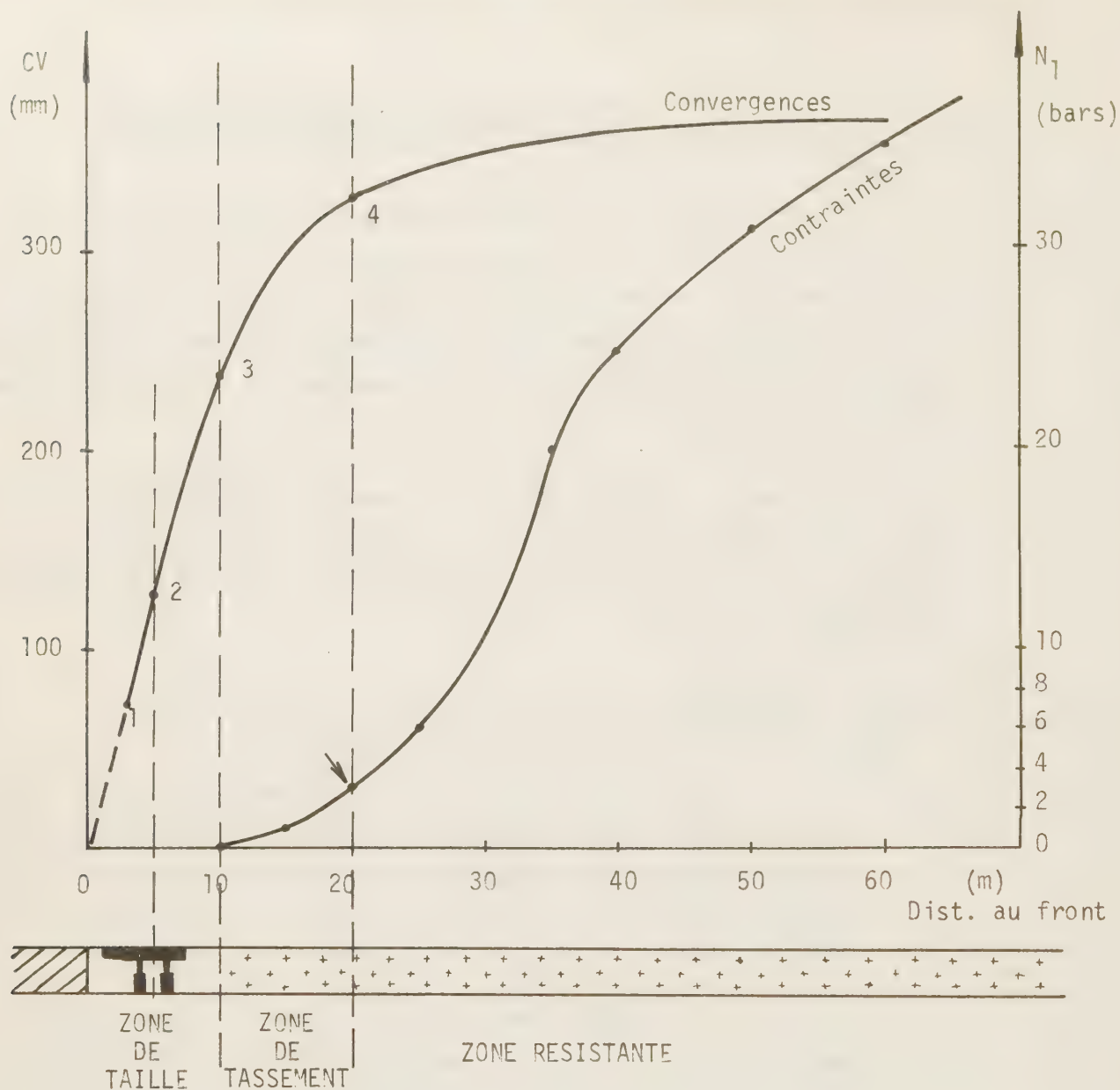
Les mesures "in situ" des déformations et des contraintes dans un massif sont difficiles. Le remblai hydraulique présente des conditions plus favorables car c'est un matériau relativement homogène et d'autre part, les appareils peuvent être posés avant l'action des contraintes.

Les mesures des déformations suivies en taille à l'aide des doublets classiques de convergence sont effectuées dans le remblai par des capteurs potentiométriques de déplacement placés perpendiculairement aux épontes. Les mesures des contraintes ont été faites au moyen de capteurs hydrauliques abandonnés dans le remblai {7}.

La figure 12 présente l'évolution des convergences (CV) et des contraintes perpendiculaires aux épontes (N1) en fonction de la distance au front.

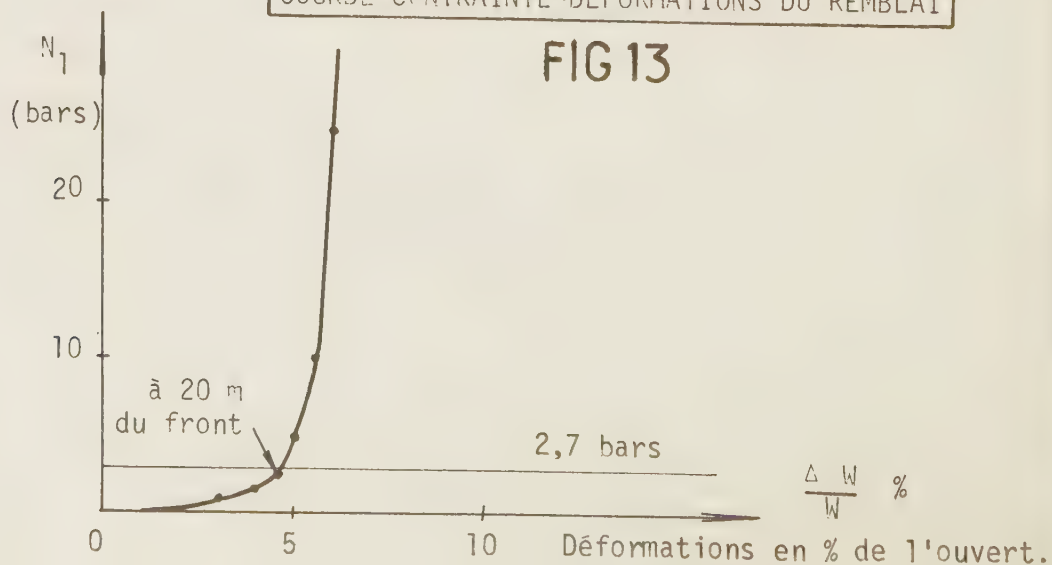
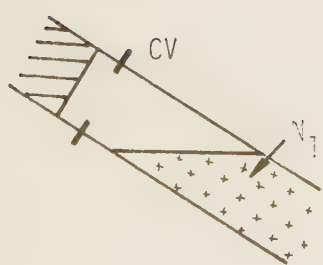
FIG 12

COURBES DES CONVERGENCES (CV) ET CONTRAINTES PERPENDICULAIRES
AUX BANCS (N_1) DANS LE REMBLAI DE SABLE - CAMPAGNE 84 -



COURBE CONTRAINTE-DEFORMATIONS DU REMBLAI

FIG 13



En zone de taille, entre l'avant du soutènement et le remblai (points 1 à 3), la convergence croît avec une vitesse de 24 mm/m d'avancement. Lorsque le sable est mis en place, point 3, la convergence est très peu freinée.

Dans le remblai, le sable se compacte, la contrainte croît lentement et les convergences continuent à augmenter mais avec une vitesse plus faible, 10 mm/m environ. C'est la zone de tassement du remblai.

A 60 m environ du front, les convergences s'amortissent et se stabilisent à une vitesse de 1 mm/m. Les contraintes croissent rapidement, le compactage du remblai est terminé ; c'est la zone résistante du remblai.

Pour préciser le tassement du remblai, nous allons suivre la courbe caractéristique donnant la contrainte perpendiculaire aux épontes (N1) en fonction de la déformation ($\Delta \frac{W}{W} \%$) présentée en figure 13. Par analogie au module élastique, on définit le module de déformation du remblai $\frac{N1}{\Delta \frac{W}{W} \%}$, le changement de pente de la courbe délimite les deux zones ; la zone du tassement du remblai (module faible) et la zone résistante (module important). On remarque que le changement se fait à une pression de l'ordre de 3 bars qui correspond à la pression au coulissement exercée par le soutènement au toit (2,7 bars).

Les campagnes 84, 85, 90, 93 et 94 ont précisé les dimensions des trois zones.

La zone de taille longue de 10 m environ, représente les 63 % de la convergence totale, c'est-à-dire de l'affaissement maximum (A_m) du toit entre le front et la stabilisation des mouvements dans le remblai. La zone de tassement représente 27 % de la convergence et enfin la zone résistante 10 %. Les dimensions moyennes des trois zones sont présentées dans la figure 14.

Le tassement est réalisé entre 12 et 30 m de front avec une distance moyenne de 20 m.

FIG 14

LES TROIS ZONES : TAILLE, TASSEMENT ET RESISTANTE

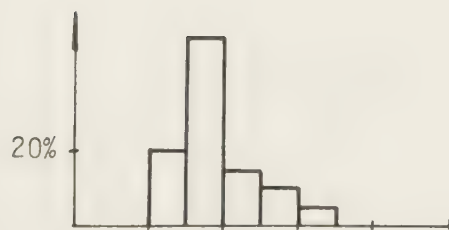
CAMPAGNES : 84 - 85 - 90 - 93 - 94

Répartition de la convergence



(1) ZONE DE TAILLE

63 %



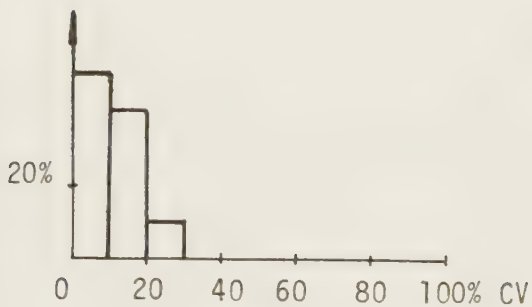
(2) ZONE DE TASSEMENT

27 %

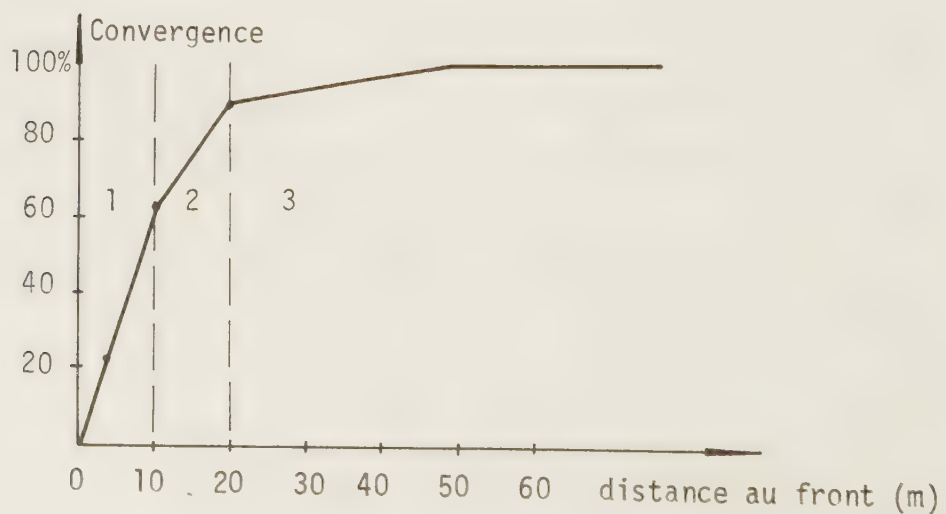


(3) ZONE RESISTANTE

10 %



Dimensions moyennes des trois zones



EN RESUME :

Dans un chantier de semi-dressants, nous allons distinguer trois zones distinctes. La *zone de taille* où les mouvements sont importants, la *zone de tassement* du remblai où les mouvements continuent à être importants et les contraintes perpendiculaires aux bancs croissent lentement et enfin la *zone résistante* où les mouvements s'amortissent et les contraintes augmentent rapidement.

2.2.2 - Influence sur les déformations en taille - Continuité des terrains

L'amplitude des affaissements de surface au stade final au-dessus des vieux travaux est liée à l'ouverture exploitée et au traitement de l'arrière-taille. Les études précédentes ont montré que les convergences en taille sont liées à ces mêmes paramètres. Ceci a conduit à proposer l'hypothèse d'une certaine continuité des terrains en arrière du front de la taille, permettant de lier les mouvements en taille et l'affaissement maximum au-dessus des vieux travaux.

Nous avons eu la chance, dans notre expérimentation, de pouvoir utiliser les mesures de l'affaissement maximum faite pour l'étude du remblai hydraulique, ce qui nous a permis d'étudier directement leurs liaisons avec les mouvements en taille que nous avons mesurés.

Nous commencerons par rappeler les hypothèses avancées sur la continuité des terrains.

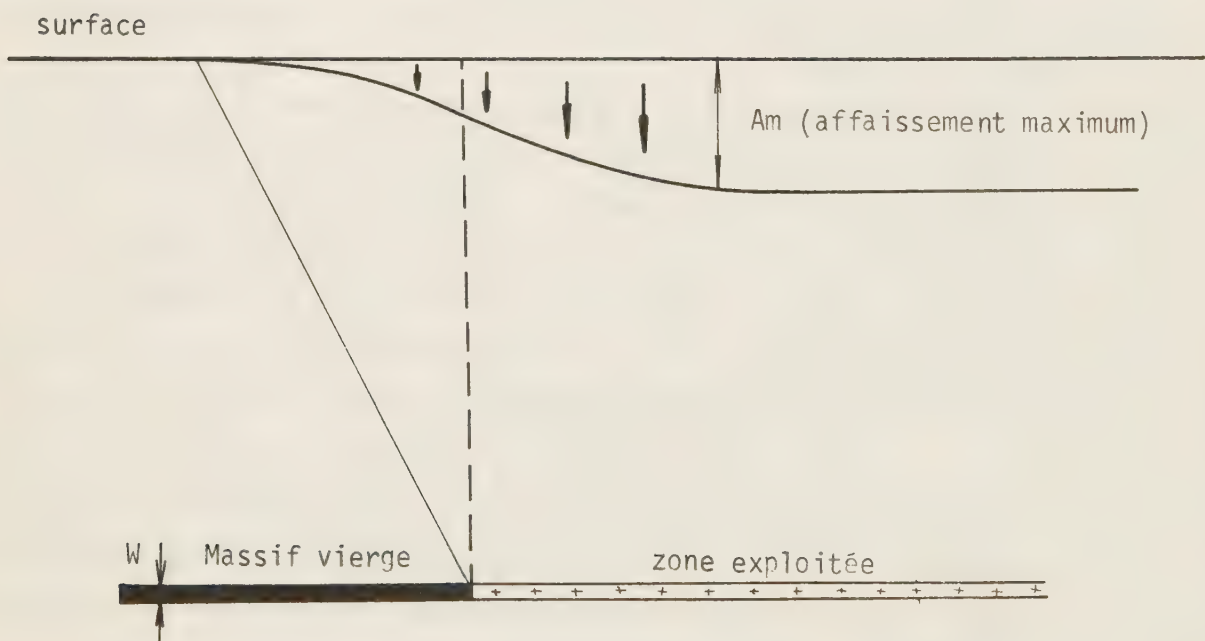
a) Etudes précédentes :

Un vide d'ouverture (W) créé dans les terrains provoque en surface une cuvette dont l'affaissement maximum (Am') est donné par la formule (figure 15) :

$$Am' = fQW \quad (1)$$

FIG 15

AFFAISSEMENT EN SURFACE SOUS L'INFLUENCE D'UNE EXPLOITATION



Le coefficient de remblayage (Q) est lié au traitement de l'arrière-taille. Le facteur de profondeur (f) croît avec la profondeur, de l'ordre de 0,7 à 500 m, il atteint 1 à partir d'une profondeur de 500 m.

Au fond, on a pu retrouver cet affaissement maximum dans les voies qui desservent les longues tailles {8}. En taille, par ailleurs, une formule empirique permet d'estimer la convergence à partir des caractéristiques de la taille {9}. Cette convergence "géométrique" (CVG) s'exprime en mm/m d'avancement par :

$$\text{CVG} = 200 (qW)^{3/4} H^{-1/4} \quad (2)$$

où (q) est le coefficient de remblayage, (W) l'ouverture en mètres et (H) la profondeur de l'exploitation en mètres.

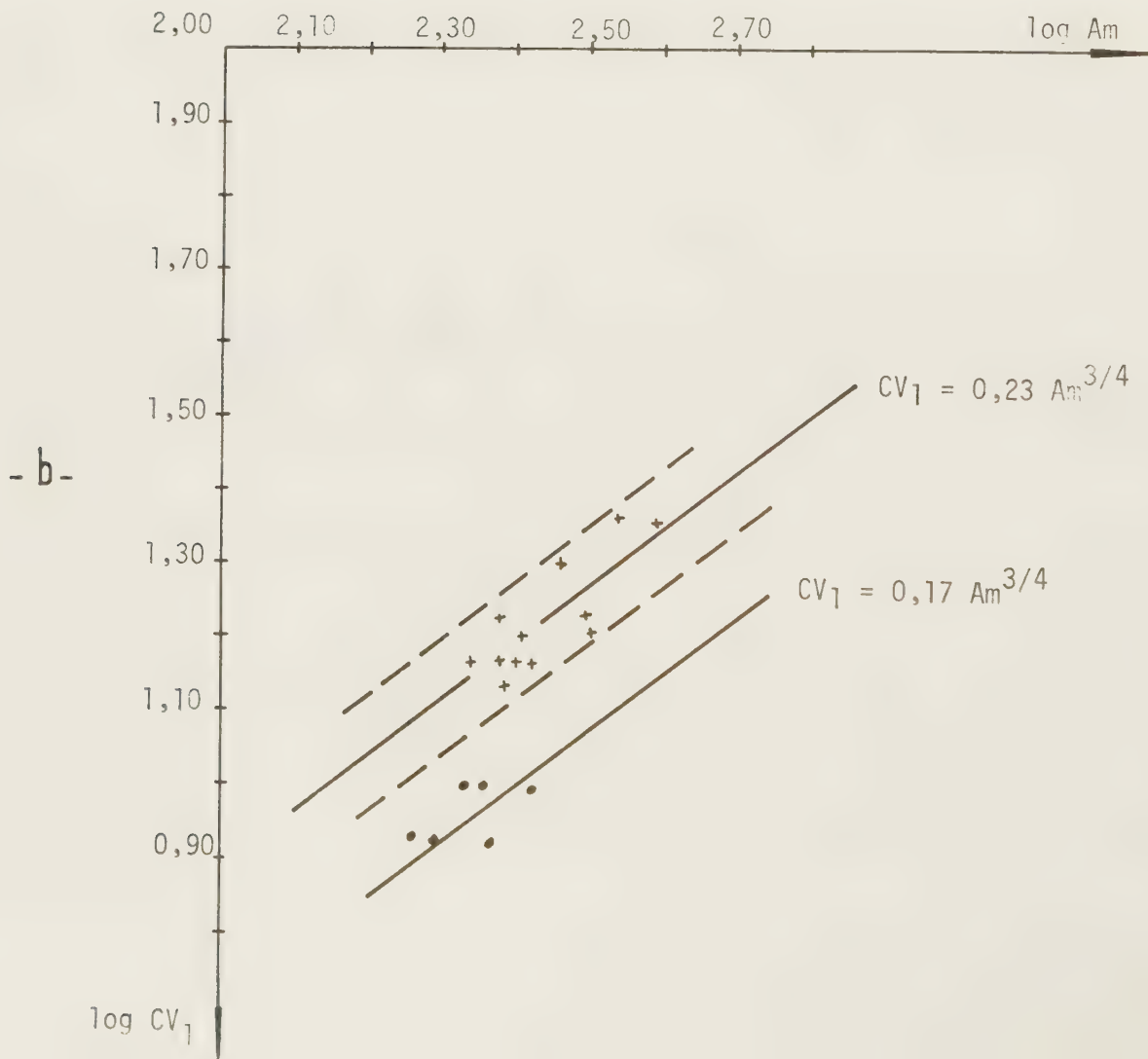
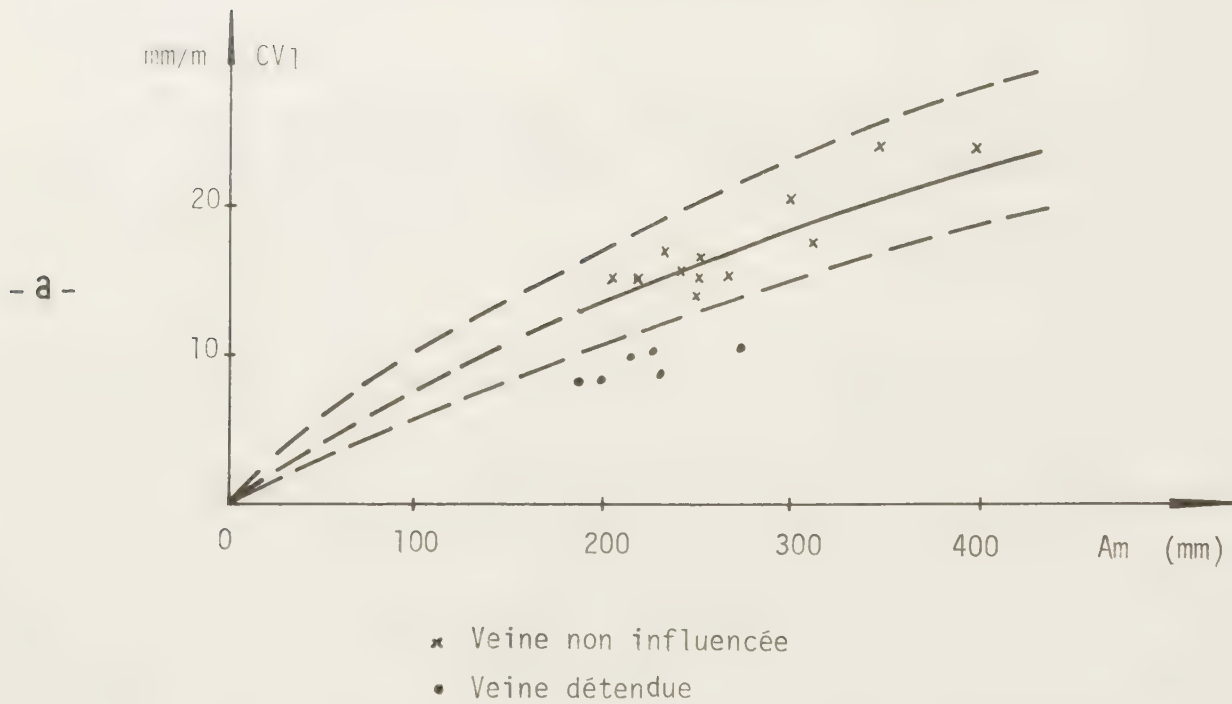
Le coefficient (q) calculé par la formule statistique est très proche de celui admis par les affaissements de surface (Q) comme le montre le tableau ci-dessous :

TABLEAU 7

MODE DE TRAITEMENT DE L'ARRIERE TAILLE	NOMBRE DE TAILLES ETUDIEES	(q)	(Q) AFFAISSEMENT SURFACE
Foudroyage	109	1	0,95
Epis de remblai	7	0,65	0,60
Remblai coulé	3	0,48	0,50
Remblai Pneumatique	15	0,43	0,40 - 0,50
Remblai hydraulique	1	(0,27)	0,20 - 0,30

FIG 16

LIAISON ENTRE LA CONVERGENCE EN TAILLE
ET L'AFFAISSEMENT DANS LE REMBLAI



Cette formule empirique peut être interprétée à partir d'un modèle qui assimile le toit de la taille à des poutres ou dalles élastiques bien différenciées mais avec des frottements naturels, encastrées en avant du front et reposant en arrière sur le remblai. L'affaissement maximum des poutres est égal à qW .

b) Liaison convergence dans les tailles de semi-dressants et affaissement du toit :

Dans les longues *tailles en semi-dressants*, nous avons eu la chance de suivre la convergence d'un doublet posé en taille jusqu'à l'amortissement des mouvements (affaissement maximum) à 60 mètres environ dans le remblai.

La figure 16a présente la liaison entre la convergence en taille en allée 1 (CV1 en mm/m) qui correspond à un avancement de 0,70 m et l'affaissement maximum (A_m) dans les 5 chantiers étudiés en semi-dressants. Nous remarquons qu'il y a une liaison entre les deux paramètres, ce qui prouve directement le bien fondé des calculs précédents : *la convergence en taille est liée à l'affaissement maximum* du toit mesuré au fond.

Cette figure montre un deuxième résultat aussi important que le premier : *la détente des terrains* sous l'influence des autres exploitations.

Nous distinguons deux familles de points pour lesquels la convergence en taille est plus ou moins forte pour un affaissement maximum. La première famille avec de faibles convergences en taille correspond à des veines qui ont été *détendues* préalablement par une autre exploitation qui a passé dans les 45 m au toit et 20 m au mur de la taille. Les points de la deuxième famille, convergences fortes, correspondent à des veines dites *non influencées* (pas d'autres exploitations dans les 60 m au toit et au mur de la veine étudiée).

Ces deux constatations nous conduisent à chercher une liaison entre la convergence en taille, l'affaissement maximum du toit et un

paramètre (de) mesurant le degré de la détente des terrains par d'autres ouvrages :

$$CV1 = f (Am, de)$$

Pour se rapprocher de la formule statistique qui lie la convergence géométrique en taille et l'affaissement maximum du toit dans le remblai, nous avons essayé le modèle suivant : $CV1 = a Am^b$ c'est-à-dire :

$$\log CV1 = b \log Am + \log a$$

Le passage en log est présenté par la *figure 16b* : en abscisses les log des affaissements et en ordonnées les log des convergences. La liaison est linéaire et hautement significative tant pour les veines non influencées que pour les veines détendues. Les droites de regression sont les suivantes :

$$\log CV1_{(n.i.)} = 0,76 \log Am - 0,63 \text{ veines non influencées}$$

$$\log CV1_{(de)} = 0,66 \log Am - 0,59 \text{ veines détendues}$$

avec des coefficients de regression hautement significatifs $r = 0,82$ et $r = 0,98$ respectivement. Les pentes des droites ne sont pas significativement différentes entre elles et peuvent être prises égales à $3/4$ valeur de l'exposant de qW dans la formule empirique de prévision des convergences (2). Nous retiendrons donc :

veines non influencées

$$CV1_{(n.i.)} = 0,23 Am^{3/4} \quad (3)$$

veines détendues

$$CV1_{(de)} = 0,17 Am^{3/4} \quad (4)$$

avec Am en mm et $CV1$ en mm/m.

Ces liaisons permettent de conclure :

- d'une part que les déformations observées en taille dépendent de l'affaissement maximum des terrains derrière l'exploitation.

- d'autre part de quantifier l'influence de la détente par une autre exploitation.

$$CV1_{(de)} = \frac{0,17}{0,23} CV1_{(n.i.)} = 0,73 CV1_{(n.i.)} \quad (5)$$

Une veine détendue par d'autres exploitations présente donc des mouvements en taille plus faibles de 27 % par rapport à une veine non influencée.

Nous pouvons maintenant comparer les convergences dans les chantiers remblayés de semi-dressants aux convergences des tailles en plateures :

o la formule de prévision (2) :

$$CVG = 200 (qW)^{3/4} H^{-1/4} \quad W \text{ et } H \text{ en m, } CVG \text{ en mm/m.}$$

exprime l'influence des caractéristiques géométriques de la taille.

o la formule (3) :

$$CV1 = 0,23 Am^{3/4} \quad Am \text{ en mm, } CV1 \text{ en mm/m.}$$

lie la convergence des semi-dressants avec l'affaissement maximum qW. La profondeur moyenne des chantiers étudiés étant 500 m, la comparaison des formules (2) et (3) se fait :

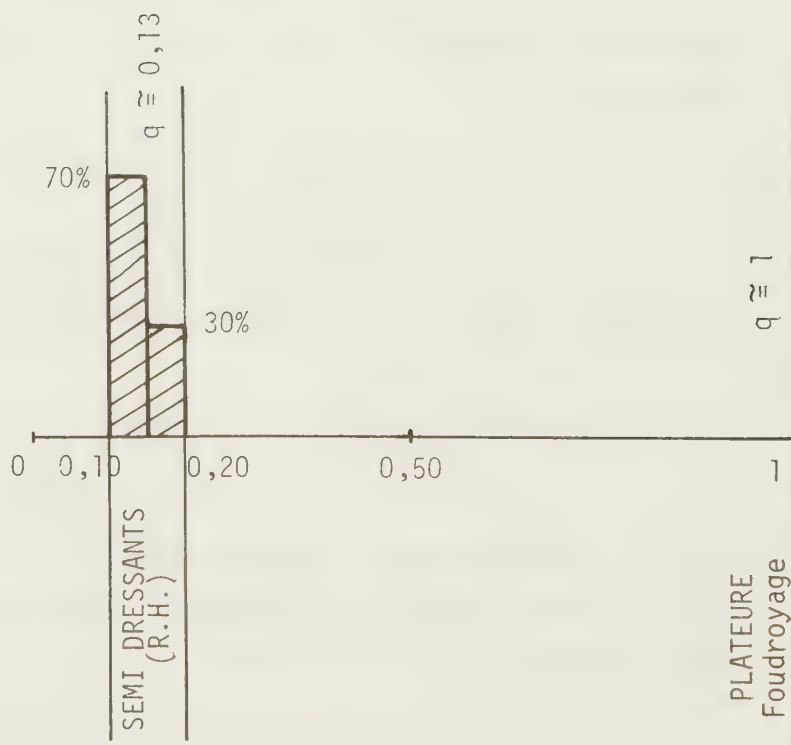
$$\frac{CVG}{CV1} = \frac{200 \times 500^{-1/4}}{0,23 \times 1000^{3/4}} = 1,02 \Rightarrow \boxed{CVG = CV1} \quad (6)$$

La formule (6) légitime l'emploi dans les semi-dressants de la formule de prévision de la convergence géométrique.

Tableau 8

LE COEFFICIENT DE REMBLAYAGE (q)
DANS LES TAILLES EN SEMI DRESSANTS

Camp.	Am mm	W m	q
84	400	2,10	0,19
	350	2,00	0,17
	346	2,20	0,16
	330	1,85	0,18
	256	2,00	0,13
	313	2,07	0,15
	238	1,94	0,12
85	220	2,30	0,10
	222	2,25	0,10
	272	2,30	0,12
90	192	1,80	0,11
	231	2,00	0,12
	186	1,90	0,10
93	264	2,00	0,13
	220		0,11
	254		0,13
	202		0,10
	250		0,13
94	300	2,00	0,15
	246		0,12



Histogramme des valeurs (q).

2.2.3 - Le coefficient de remblayage des tailles étudiées

Le quotient de l'affaissement maximum sur l'ouverture de la taille donne le coefficient de remblayage :

$$Q = \frac{Am'}{W} \quad Am' \text{ calculé en surface}$$

$$q = \frac{Am}{W} \quad Am \text{ calculé au fond}$$

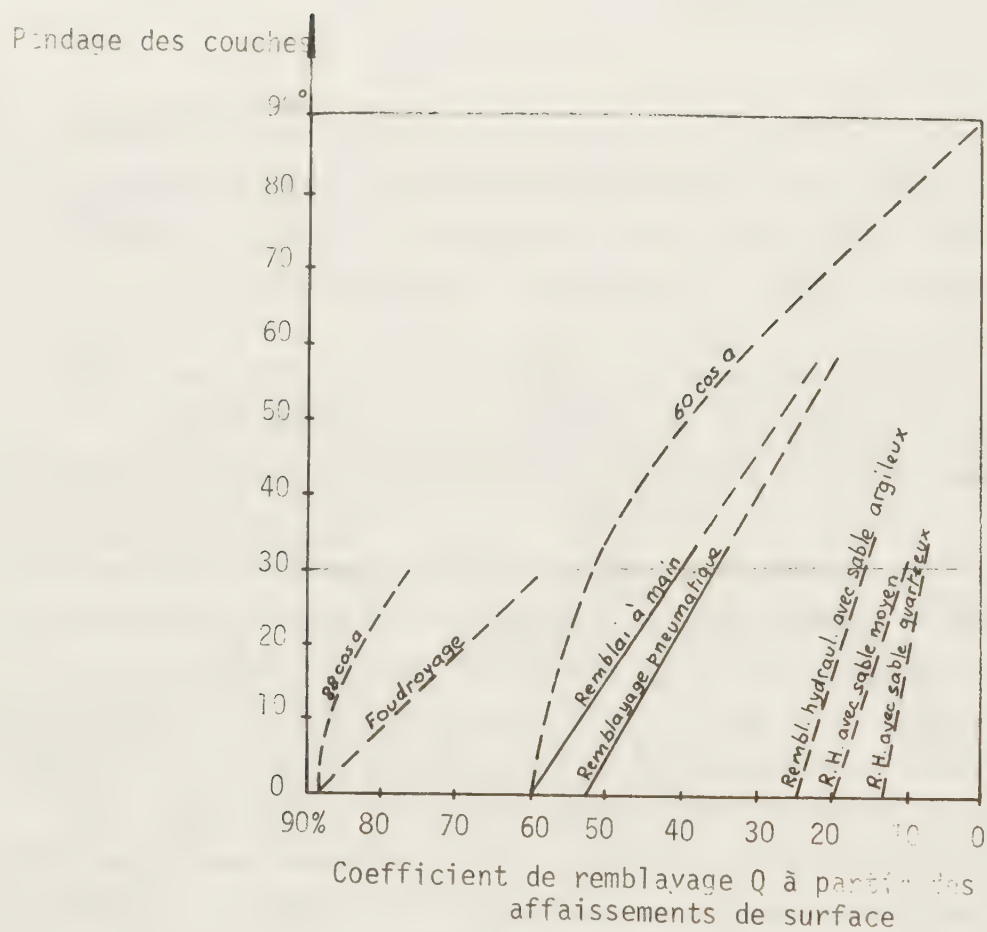
Le tableau 8 représente les coefficients de remblayage (q) des chantiers en semi-dressants des H.B.L. Les coefficients varient de $0,10 \leq q < 0,20$ avec une moyenne de 0,13, plus faible en veines détendues par la présence d'autres exploitations.

Nous remarquons que le coefficient $q = 0,13$ est plus faible que celui trouvé au tableau 7 ($q = 0,27$ pour un cas expérimental en plateure) et des affaissements de surface $Q = 0,20-0,30$.

On peut voir là l'influence du pendage des exploitations. Une étude précédente {10} effectuée en Sarre, dans un gisement qui est la prolongation de celui des H.B.L., montre l'influence du pendage d'une veine sur les affaissements en surface. La figure 17 représente en abscisses, les coefficients (Q) à partir des affaissements de surface en fonction du pendage des couches pour différents types de traitement de l'arrière-taille. Une taille exploitée en plateure avec remblai hydraulique dans l'arrière-taille, provoque un affaissement en surface dont le coefficient Q varie de 0,15 à 0,27 conforme aux cas du tableau 7. Si la taille est prise en semi-dressants (pente de 30°), le coefficient Q donné par le graphique est de 0,08 à 0,16 ; c'est-à-dire dans la gamme des coefficients de remblayage (q) trouvés dans notre expérimentation $0,10 \leq q < 0,20$.

FIG 17

INFLUENCE DE LA METHODE DE REMBLAYAGE ET DU
PENDAGE DE LA VEINE SUR L'AFFAISSEMENT MAXIMUM EN SURFACE



- Affaissements supposés
- Affaissements observés

A conditions égales d'ouverture (W) et profondeur (H), une taille en plateure foudroyée et une taille en semi-dressants avec remblayage hydraulique présentent des convergences très différentes, dépendant du coefficient de remblayage q.

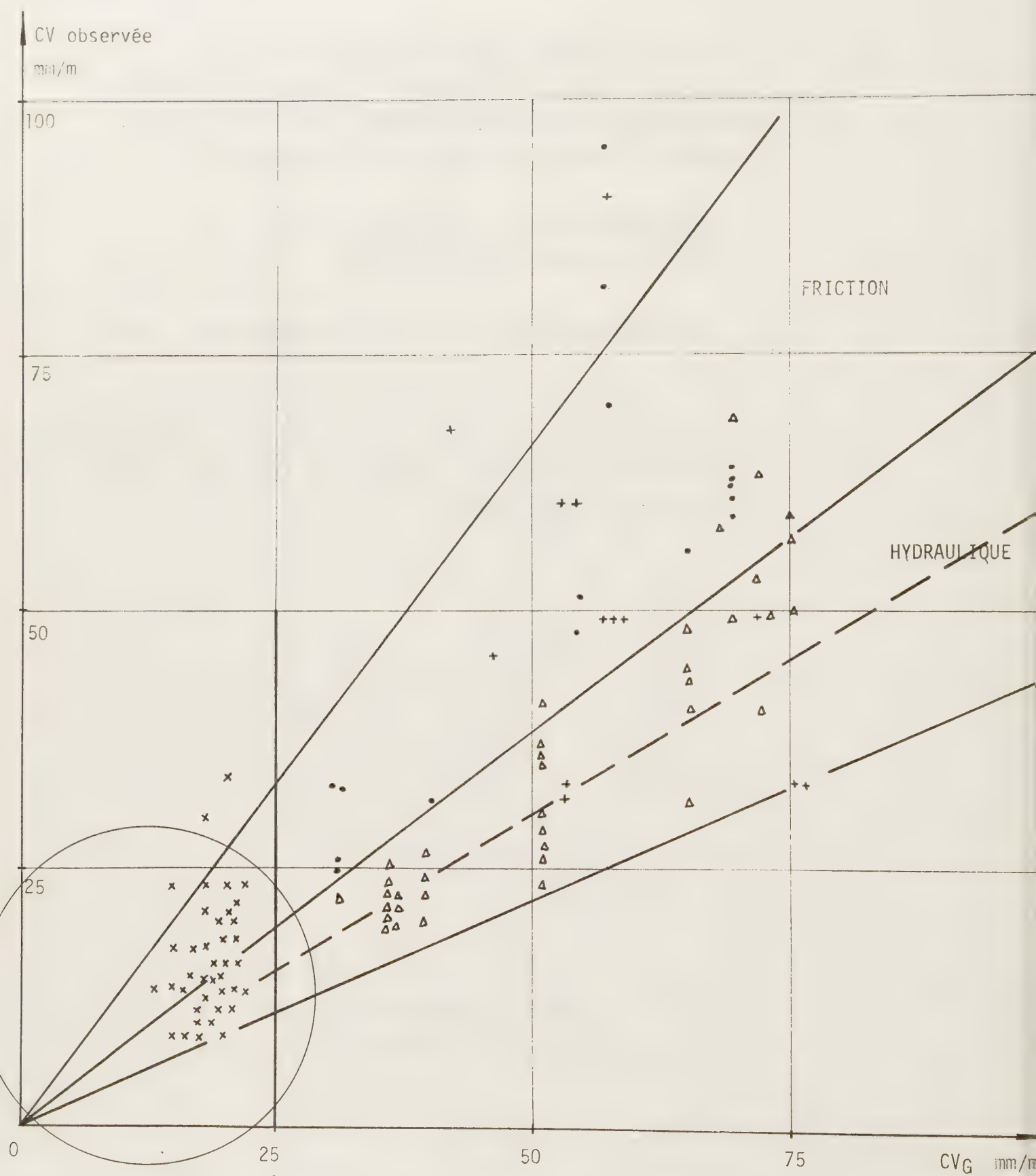
$$\frac{\text{CVG plateures F}}{\text{CVG 1/2 dressants RH}} = \left(\frac{q_F}{q_{RH}} \right)^{3/4} = \left(\frac{1}{0,13} \right)^{3/4} = 4,5$$

$$\text{CVG (Plateures F)} = 4,5 \text{ CVG (1/2 dressants RH)} \quad (7)$$

Les déformations attendues dans les chantiers en semi-dressants sont donc quatre fois plus faibles que les déformations des chantiers en plateures foudroyées dans les mêmes conditions d'ouverture et de profondeur.

FIG 18

LA GEOMETRIE DE L'EXPLOITATION ET LES MOUVEMENTS DES EPONTES



SEMI DRESSANTS (R.H.)

PLATEURES (F)

x Soutènement marchant

• Soutènement friction

Δ Soutènement hydraulique

2.3 - INFLUENCE DE QUATRE FACTEURS D'EXPLOITATION SUR LES MOUVEMENTS EN TAILLE

La convergence d'une taille en plateure dépend d'abord de la *géométrie* du chantier (W, H, q), ensuite de la *portance du soutènement* et de la *vitesse d'avancement* journalière. L'étude des tailles en semi-dressants a de plus permis de quantifier le facteur *détente des terrains* par la présence des autres exploitations qui va influencer lui aussi les mouvements de la taille.

Nous allons étudier l'influence de ces quatre paramètres sur les convergences en comparant les deux types d'exploitation : tailles en plateures foudroyées et semi-dressants remblayées hydrauliquement.

2.3.1 - La géométrie de l'exploitation

La convergence d'un chantier exprimée en mm par mètre d'avancement de la taille est fonction de l'ouverture, de la profondeur et du traitement de l'arrière-taille. Ainsi, il est possible de la comparer à une convergence théorique liée aux caractéristiques géométriques du chantier :

$$CVG = 200 (qW)^{3/4} H^{-1/4}$$

Nous avons montré au paragraphe 2.2.2 que cette formule s'appliquait également à nos chantiers de semi-dressants. L'influence de la profondeur (H) n'a pas été mise en évidence car les profondeurs de nos chantiers ont peu varié.

La comparaison de la convergence géométrique avec la convergence observée en taille, exprimée elle aussi en mm par mètre d'avancement, est intéressante pour isoler l'influence des autres facteurs et permet d'établir le graphique de la *figure 18* : en abscisses, les convergences géométriques (CVG) et en ordonnées les convergences observées (CV). Nous notons à nouveau les faibles mouvements des tailles semi-pentées inférieures à 25 mm/m. Par contre, les tailles en plateure foudroyées

FIG 19

INFLUENCE D'UNE AUTRE EXPLOITATION ET LES
MOUVEMENTS DES TAILLES EN SEMI DRESSANTS



• Convergences corrigées par le facteur détente (d_e) = 1,35

se répartissent entre 20 et 100 mm/m.

Une différenciation peut être faite entre les types de soutènement : friction ou hydraulique. Pour le soutènement marchant, nous trouvons le même phénomène pour les tailles en plateure et en semi-dressants : des points qui se répartissent aussi bien dans la zone du soutènement hydraulique et du soutènement à friction.

2.3.2 - Influence d'une autre exploitation

L'étude de l'affaissement maximum des terrains au-dessus des vieux travaux a déjà attiré l'attention sur l'influence d'une autre exploitation. En effet, lorsqu'une veine a été détendue par une autre exploitation située dans les 45 m au moins au toit et 20 m au mur :

- l'affaissement pour une même ouverture exploitée est légèrement plus faible en veine détendue $q = 0,11$ qu'en veine non influencée $q = 0,14$ ($q = 0,13$ pour l'ensemble des cas étudiés).
- de plus pour un même affaissement maximum, la convergence en taille est plus faible pour les veines détendues

$$CV_{(de)} = 0,73 CV_{(n.i.)}$$

Ceci explique en partie la dispersion des points de la *figure 18* repris de manière plus détaillée en *figure 19* qui permet de plus, de mettre en évidence une troisième catégorie.

On peut en effet regrouper les points en trois familles :

- o des convergences observées faibles qui correspondent à des veines *détendues* par des exploitations dans les 60 m au toit et au mur de la section étudiée.
- o des convergences observées d'une valeur moyenne qui correspondent à des veines dites *non influencées* par d'autres exploitations à au moins 60 m au toit et au mur de la section étudiée.

o des convergences observées fortes qui correspondent à des veines qui subissent les effets d'une *limite d'exploitation* située entre 135 m et 30 m au toit ou 60 m au mur de la section étudiée. Ce phénomène de l'interaction entre exploitation se trouvera en de nombreux points de notre étude. On rassemblera les résultats qui le concernent dans le chapitre sur "Le volume d'influence d'une exploitation". On sait qu'une limite d'exploitation donne des convergences fortes et dispersées, nous retiendrons que la convergence observée sous l'effet limite est en moyenne 1,67 fois plus forte qu'en veine non influencée.

$$\boxed{CV_{(li)} = 1,67 CV_{(de)}} \quad (8)$$

Nous avons établi aussi, dans le cas des veines détendues, un facteur qui quantifie la détente des terrains.

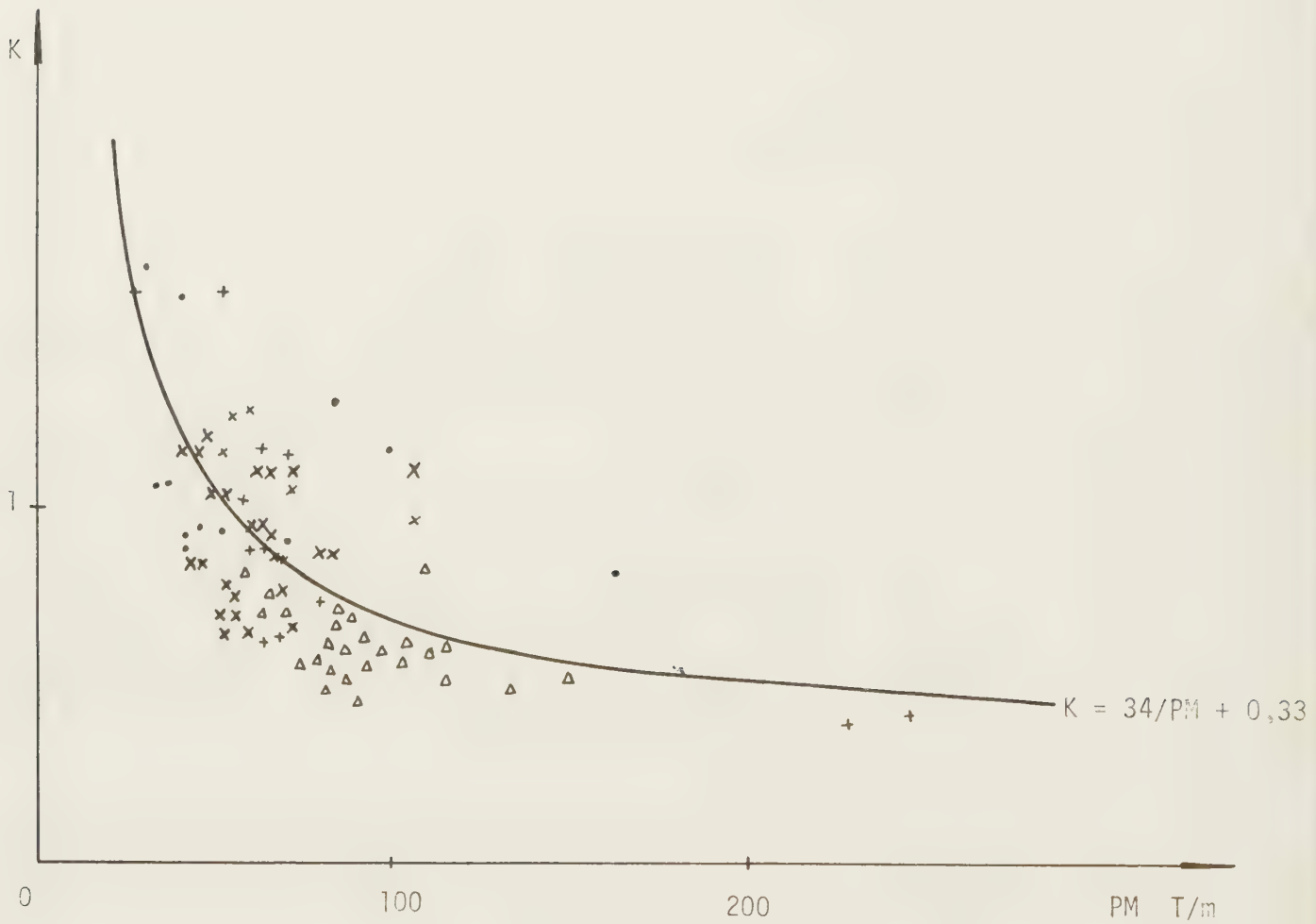
$$CV_{(de)} = 0,73 CV_{(n.i.)} \Rightarrow \boxed{CV_{(n.i.)} = 1,35 CV_{(de)}} \quad (9)$$

Si nous utilisons ce facteur de correction, nous voyons que les points tombent bien dans le nuage des points non influencés. En plateure, nous avons affaire à un faisceau moins dense que celui des semi-dressants ce qui groupe les cas étudiés précédemment dans la catégorie des veines non influencées.

Les convergences ainsi corrigées "du facteur détente" on étudiera par la suite l'influence des paramètres : portance du soutènement et vitesse d'avancement.

FIG 20

PORTANCE DU SOUTÈNEMENT ET LES MOUVEMENTS DES EPONTES



- | | | |
|---------------------------|---|-----------------------|
| • Soutènement friction | } | PLATEURES (F) |
| △ Soutènement hydraulique | | |
| + Soutènement marchant | | |
| × Soutènement marchant | } | SEMI DRESSANTS (R.H.) |
| | | |

o des convergences observées fortes qui correspondent à des veines qui subissent les effets d'une *limite d'exploitation* située entre 135 m et 30 m au toit ou 60 m au mur de la section étudiée. Ce phénomène de l'interaction entre exploitation se trouvera en de nombreux points de notre étude. On rassemblera les résultats qui le concernent dans le chapitre sur "Le volume d'influence d'une exploitation". On sait qu'une limite d'exploitation donne des convergences fortes et dispersées, nous retiendrons que la convergence observée sous l'effet limite est en moyenne 1,67 fois plus forte qu'en veine non influencée.

$$\boxed{CV_{(li)} = 1,67 CV_{(de)}} \quad (8)$$

Nous avons établi aussi, dans le cas des veines détendues, un facteur qui quantifie la détente des terrains.

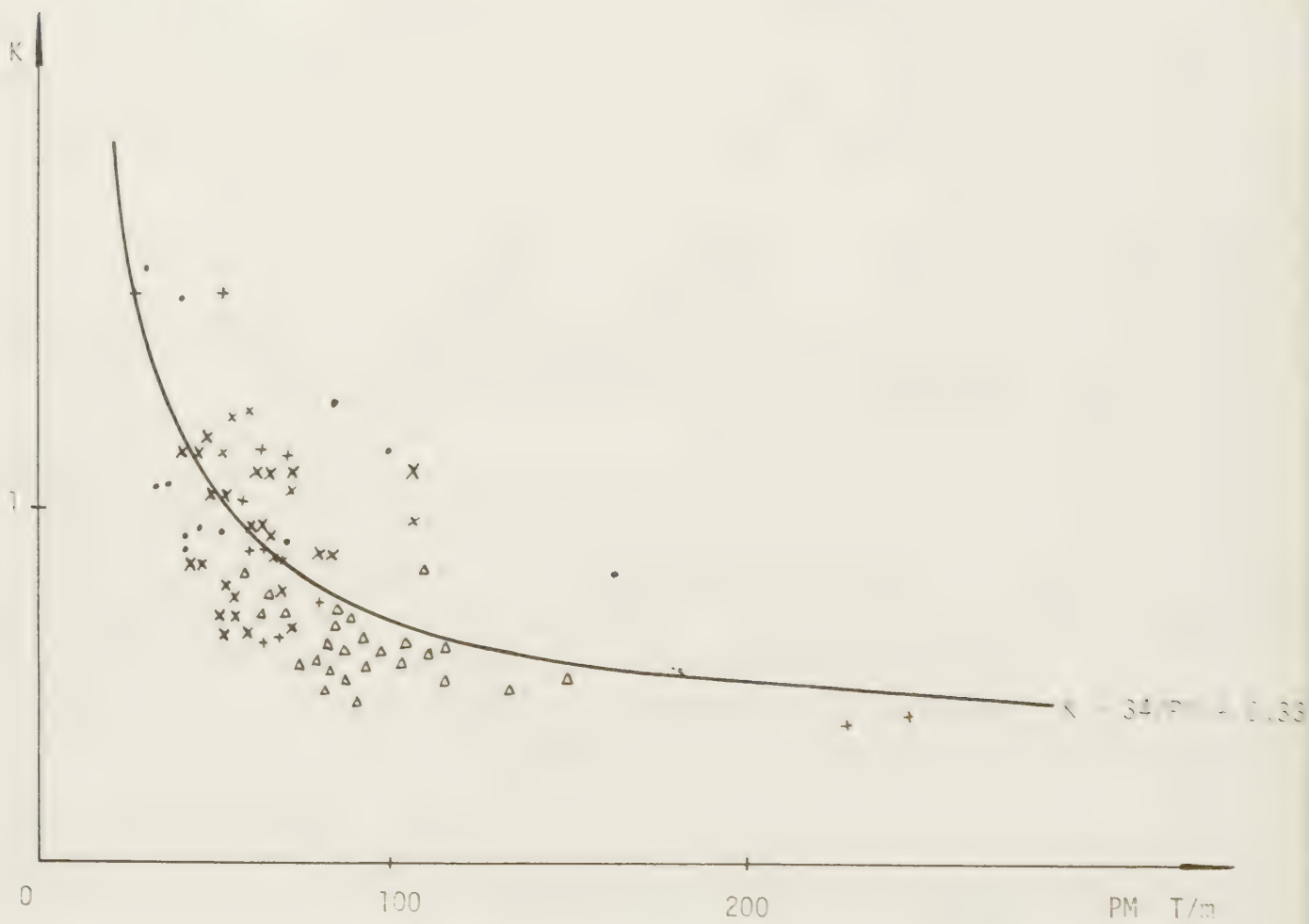
$$CV_{(de)} = 0,73 CV_{(n.i.)} \Rightarrow \boxed{CV_{(n.i.)} = 1,35 CV_{(de)}} \quad (9)$$

Si nous utilisons ce facteur de correction, nous voyons que les points tombent bien dans le nuage des points non influencés. En plateure, nous avons affaire à un faisceau moins dense que celui des semi-dressants ce qui groupe les cas étudiés précédemment dans la catégorie des veines non influencées.

Les convergences ainsi corrigées "du facteur détente" on étudiera par la suite l'influence des paramètres : portance du soutènement et vitesse d'avancement.

FIG 20

PORTANCE DU SOUTÈNEMENT ET LES MOMENTS DES EPONTES



- | | | |
|---------------------------|---|-----------------------|
| • Soutènement frictio | } | PLATEURES (F) |
| △ Soutènement hydraulique | | |
| + Soutènement marchant | | |
| × Soutènement marchant | } | SEMI DRESSANTS (R.H.) |

2.3.3 - La portance du soutènement

Pour déceler l'influence de la portance du soutènement sur les convergences, on a étudié la portance de celui-ci en fonction du rapport de la convergence observée sur la convergence géométrique $K = CV/CVG$ qui donne un paramètre de déplacement du toit indépendant de la géométrie de l'exploitation {5}.

Cette liaison est présentée par le graphique de la *figure 20* : en abscisses, la portance observée (PM) en tonnes par mètre de front et en ordonnées le paramètre K. La liaison établie pour les tailles en plateures équipées d'un soutènement marchant est présentée par une hyperbole $K = 34/PM + 0,33$.

Les points des tailles en semi-dressants se répartissent autour de cette hyperbole, notre expérimentation ne contredit donc pas l'étude antérieure. Mais l'influence de la portance du soutènement sur les mouvements en taille n'est pas décelable dans nos cas expérimentaux vu la faible gamme de variation de portance.

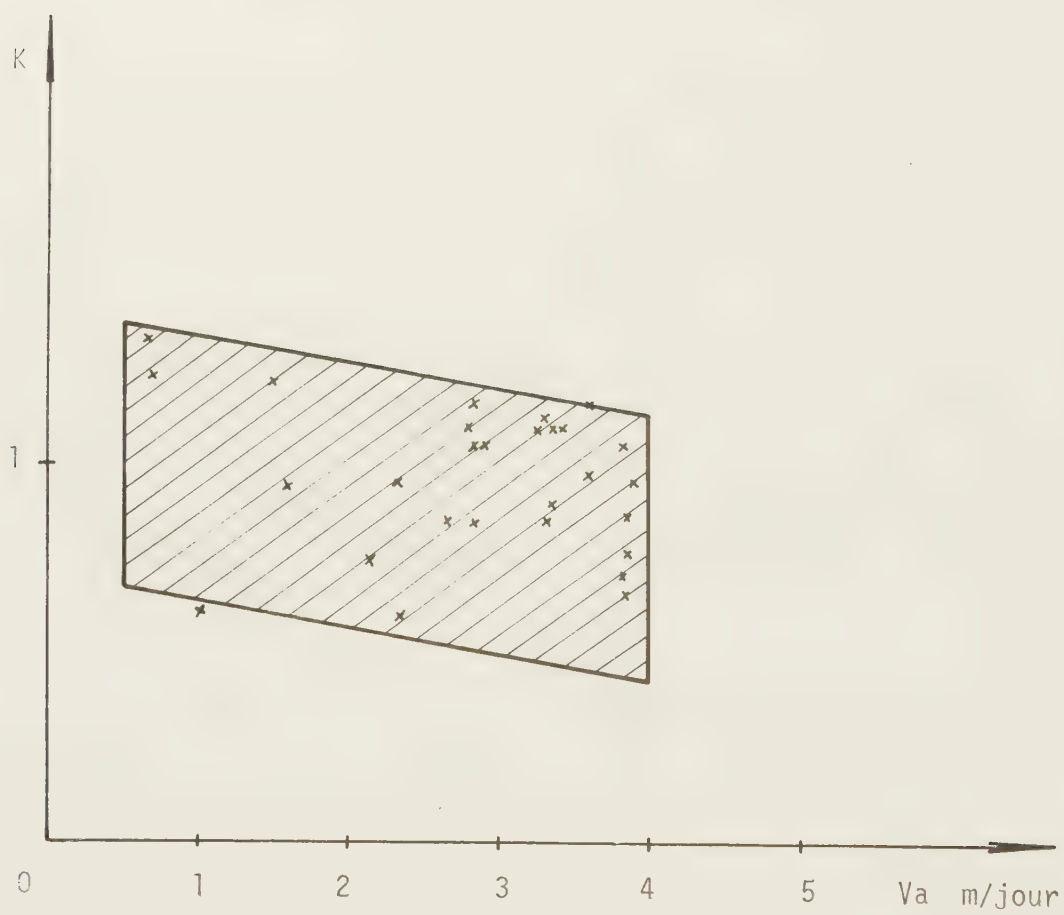
2.3.4 - La vitesse d'avancement

Dans les calculs précédents, nous avons négligé l'importance du temps. Pour les vitesses étudiées (0,5 à 4 m/jour), on peut penser que l'équilibre élastique n'est pas atteint entre deux mesures de convergence. C'est pour cela que nous avons présenté les valeurs du paramètre $K = \dot{CV}/CVG$ en fonction de la vitesse d'avancement journalière (v_a) de la taille (*figure 21*).

Cette tendance est statistiquement significative dans le cas des tailles en plateures foudroyées {9} les mouvements diminuent avec l'augmentation de la vitesse. En semi-dressants, le phénomène est le même, nous voyons que les points se confondent avec ceux des tailles en plateures.

FIG 21

LA VITESSE D'AVANCEMENT ET LES MOUVEMENTS DES EPONTES



PLATEURES (F)



SEMI DRESSANTS (R.H.)

L'influence de la vitesse d'avancement d'une taille sur les mouvements des épontes est un phénomène qui ne dépend pas de l'inclinaison de la couche ou du traitement de l'arrière-taille. Cependant, cette influence est relativement faible pour le domaine étudié de 0,5 à 4 m/jour.

EN RESUME :

Le traitement de l'arrière-taille par remblai hydraulique fait que les semi-dressants présentent des mouvements des épontes très faibles. Le coefficient de remblayage, calculé par l'affaissement maximum des terrains au-dessus du vieux travaux, s'élève à 0,13 en moyenne. Nous avons mis d'ailleurs en évidence une liaison entre les mouvements en taille et l'affaissement maximum des terrains ce qui confirme la validité du modèle appliqué pour les études précédentes.

Les convergences en taille dépendent de la géométrie d'exploitation, de la vitesse d'avancement de la taille mais ne dépendent pas de la portance du soutènement à cause de la faible étendue de la gamme de portance du soutènement étudié.

Nous avons quantifié un facteur qui caractérise la détente des terrains par d'autres exploitations sous ou sus-jacentes (moins de 60 m de stampe). Ces convergences alors sont plus faibles de 27 % par rapport à une veine non influencée par d'autres exploitations dans les 60 m au toit et au mur de la taille.

$$CV_{(de)} = 0,73 CV_{(n.i)}$$

TABEAU 9 : DEGRADATION DU TOIT DANS LES TAILLES EN SEMI DRESSANTS

CAMPAGNE	VEINE	EXPLOITATION sus-jacente + m sous-jacente - m	TOIT		FRACTURES					CHUTES
					NATURELLES		EXPLOITATION			
			1er banc	sur 5 à 10 m	TYPE	Fréquence (1)		TYPE	Fréquence (2)	
						N ⊥	N //		R2	R1
82	Veine 10 à 680	+30, +65, +115, +135, +150	60 cm charbon	5 bancs ch, sch-grêx, grès	N ⊥	1		R2	0 44	0,4
83	Veine 8 à 650	-100 -60, -85	350 cm sch-grêx	2 bancs sch-grêx	N ⊥	4,4		R1	0 15	4,6
84	Veine 10 à 680	+25, +60	60 cm charbon	4 bancs ch, sch-grêx						0,0
85	Veine 1a à 660	-20	60 cm sch-grêx	5 bancs sch-grêx	N ⊥					6
88	Veine 10 à 600		60 cm charbon	5 bancs sch-grêx, grès	N ⊥ N //	2,7	1,6	R2	0 12	1,
89	Veine 10 à 580	+75, +120	60 cm sch-grêx	5 bancs sch-grêx, grès	N ⊥ N //	8,7		R1	3 5	5
90	Veine 1a à 440	+45 -20	90 cm schistes	5 bancs sch-grêx, grès	N ⊥ N //	6	5,7			18
93	Wohlwerth 1 à 440		250 cm sch-charb.	7 bancs ch, sch-charb, sch-grêx	N ⊥ N //	7,5	5,7 5,4 10	R2	1 1/2	14 15 16

(1) Longueur des fractures en m sur 100 m² de toit

(2) Nombre d'avancements entre deux fractures



a : sur la pile

b : dans l'arrière-taille

2.4 - DEGRADATION DU TOIT DE LA TAILLE

Nous désignerons par dégradation du toit, l'ensemble des fractures naturelles antérieures à l'exploitation, les fractures d'exploitation provoquées par la taille, les décrochements le long de ces fractures et les chutes des blocs qui se détachent du toit.

Dans les tailles en plateure, on trouve une relation entre la dégradation et les mouvements des épontes. Les toits sont plutôt stratifiés et perturbés par des fractures d'exploitation périodiques, (environ une tous les avancements).

En semi-dressants, nous avons observé des phénomènes différents dûs à la nature différente des toits et aux faibles mouvements des épontes en taille. La fracturation naturelle est à l'origine des difficultés dans ce type de chantier, par contre, la fracturation d'exploitation est moins importante.

Le tableau 9 montre que les toits étudiés sont assez homogènes, exception faite de la veine Wohlwerth 1. Sur les premiers 5 à 10 m au toit, nous trouvons 2 à 5 bancs qui se composent essentiellement de schistes gréseux et de grès dans un pourcentage de plus de 80 % ; le charbon, les schistes charbonneux et les schistes représentent moins de 20 %. Comme nous l'avons remarqué, le toit de la veine Wohlwert 1 se distingue des autres par sa composition (65 % de charbon et schistes charbonneux) et sa lithologie (7 bancs distincts).

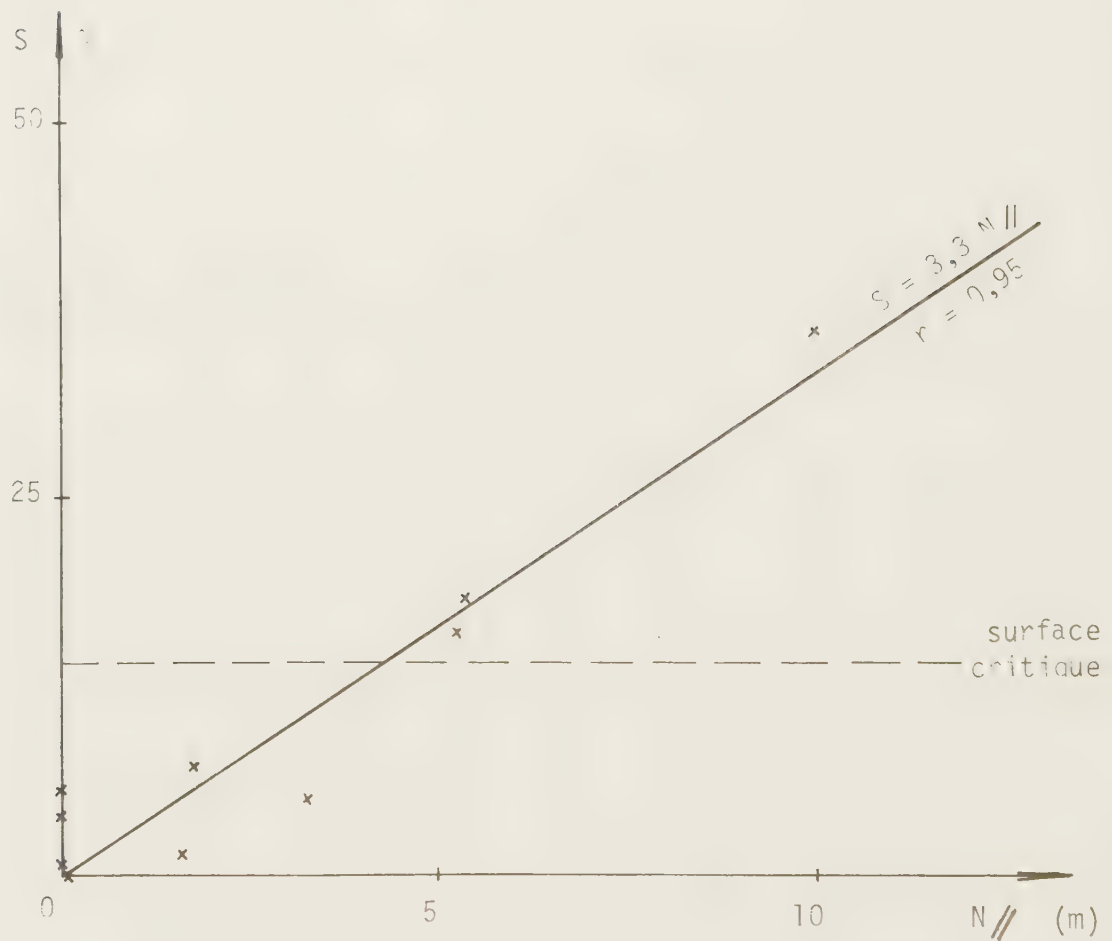
Pour mieux comprendre les mécanismes de dégradation qui influencent le comportement des semi-dressants, nous allons étudier : les fractures naturelles, les fractures d'exploitation et les chutes de toit.

2.4.1 - Fracturation naturelle

Un gisement est découpé par de grandes failles qui délimitent les panneaux à exploiter. A l'intérieur des panneaux, nous notons la présence des accidents (failles et diaclases) moins importants

FIG 22

INFLUENCE DE LA FRACTURATION NATURELLE "STICHS"
PARALLELE AU FRONT SUR LA DEGRADATION DU TOIT



$$S = \text{surface} \frac{\text{ébouffée}}{\text{exploitée}} \text{ en } \%$$

$N//$ = Fractures naturelles parallèles au front "stichs"
en m sur 100 m² de toit de couvert

mais qui peuvent avoir des conséquences graves sur la marche de la taille. Ces accidents sont en général parallèles au réseau des grandes failles qui délimitent les panneaux. Lorsque le front de la taille est parallèle à la direction préférentielle des grandes failles, le toit se dégrade : il y a coïncidence entre la fracturation naturelle et celle d'exploitation en taille. Pour cette raison, lors du découpage des panneaux *en plateure*, le choix d'une direction du front de la taille perpendiculaire à la direction des accidents tectoniques diminue la dégradation du toit [11].

Dans les tailles *en semi-dressants*, la méthode d'exploitation impose des contraintes sur le choix préférentiel de la direction du front de taille. Le front est montant et perpendiculaire à la direction de la plus grande pente. Le changement de pente de la veine, le plissement et d'autres raisons tectoniques créent en général dans ces tailles les discontinuités naturelles suivantes :

- un système perpendiculaire au front constitué par des failles à faible rejet, satellites des grandes failles qui délimitent le panneau.
- un système en général parallèle au front montant vers lui que l'on appelle en terme minier "*les stichs*". L'origine naturelle des "*stichs*" est attestée par leur remplissage calcaire, pyriteux et charbonneux. Leur parallélisme à l'axe des plis amène à rechercher leur formation dans les plissements des couches.

Ce système entraîne de grands dérangements dans ce type de chantier. Lorsqu'une telle discontinuité est mise à nue par l'exploitation la partie du toit qui se trouve en-dessous est soumise à des efforts importants le long du plan de discontinuité, efforts dus à l'affaissement du toit et au pompage par le soutènement marchant. Les chutes s'amorcent et sont difficiles à rattraper.



Afin de calculer la fréquence de ces deux types de fractures naturelles, nous avons utilisé les paramètres :

$N_{\perp}$ = longueur en m des fractures perpendiculaires au front pour 100 m² de toit découvert

$N_{\parallel}$ = longueur en m des fractures parallèles au front pour 100 m² de toit découvert.

Dans les toits étudiés, $N_{\perp}$ varie de 0 à 8,3 m et $N_{\parallel}$ de 0 à 10 m (pour 100 m² de toit).

L'importance des fractures naturelles parallèles au front est démontrée par la *figure 22* qui donne la liaison entre la surface éboulée (S) et la fréquence de ces fractures ($N_{\parallel}$). Cette liaison est hautement significative et la droite de regression est la suivante

$$S = 3,3 N_{\parallel} \quad (10) \quad \text{avec un coefficient de corrélation } r = 0,95$$

Le plan de la dégradation du toit de la taille en veine (la *figure 23*) illustre l'importance de la fracturation naturelle sur la dégradation des tailles inclinées (*figure 23*). Cette taille, détendue par la présence d'autres exploitations, ne présente pas de fractures d'exploitation, mais les chutes de toit sont nombreuses là où les deux systèmes des discontinuités naturelles se recoupent. Nous notons les "*stichs*" qui amorcent les chutes de toit, les fractures perpendiculaires au front appartenant à deux familles d'inclinaison différente dont la rencontre forme une voûte qui facilite la décohesion du toit.

Ce plan montre bien que les discontinuités naturelles et les dégradations qui en résultent sont localisées dans la partie de la taille entre 100 et 160 m de la cheminée d'extraction. L'étude de la *répartition des stichs* dans une couche est un phénomène extrêmement important pour les tailles en semi-dressants. Dans une même veine, on a pu constater des panneaux sans "*stichs*" et par conséquent sans problème d'exploitation et des panneaux affectés par des "*stichs*" qui dégradent le toit et freinent l'avancement de la taille, la veine 12b champ Est du Siège Simon actuellement en exploitation en est un exemple.

FIG 24

INCLINAISON DES
FRACTURES D'EXPLOITATION



FIG 25

ETAT DE CONTRAINTE DU
TOIT EN AVANT DU FRONT

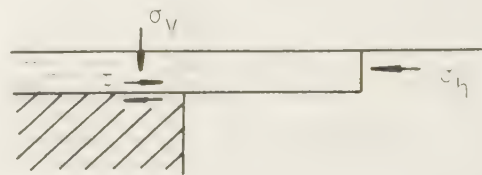
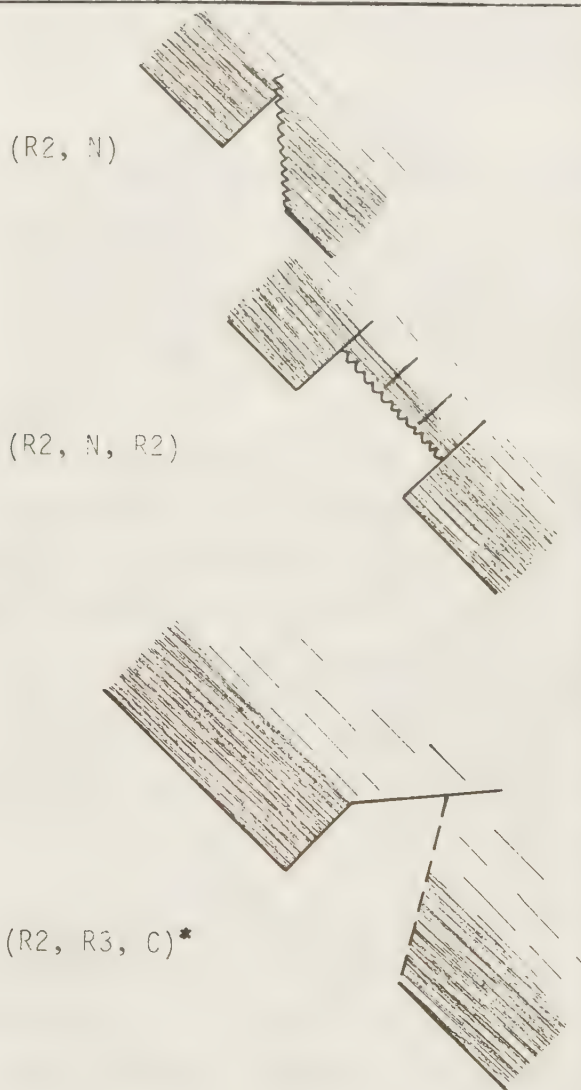


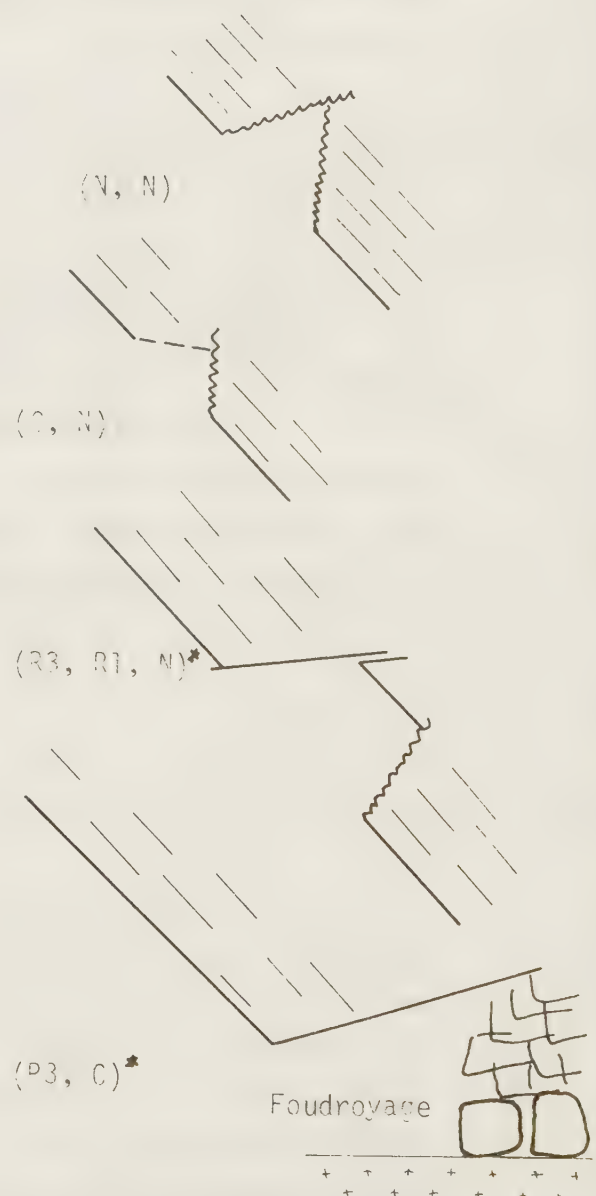
FIG 26

FORME DES CHUTES EN SEMI DRESSANTS

Toit de charbon ou schistes charbonneux



Toit de grès ou schistes gréseux



N : fracture naturelle

C : rupture de toit

* cas rencontré surtout dans l'arrière-taille

Dans le cas de toit de charbon, les fractures naturelles n'existent pas. La planche de charbon masque complètement les discontinuités du toit (*tableau 9*).

2.4.2 - Fracturation, d'exploitation

Les fractures d'exploitation parallèles au front sont peu nombreuses (une tous les 5 à 44 avancements) et parfois inexistantes, surtout dans les tailles détendues. Exception faite pour la veine Wohlwerth 1, veine stratifiée avec un toit de schistes charbonneux où on retrouve une fréquence moyenne de l'ordre de celle des tailles en plateure ; une fracture tous les avancements.

Comme pour le cas des tailles en plateure, on confirme qu'en semi-dressants, la fracturation dépend de la nature du premier banc du toit soumis aux sollicitations de l'exploitation. Un toit qui se compose de charbon ou de schistes charbonneux présente des fractures perpendiculaires aux bancs (R2) par contre, un toit de schistes gréseux se dégrade par des fractures inclinées vers l'arrière-taille (R3) (*figure 24*).

L'interprétation du phénomène est la suivante {12} : un petit élément situé à la limite inférieure du 1er banc du toit est soumis (*figure 25*) :

- à une compression verticale liée au poids des terrains (σ_v)
- à une compression horizontale qui dépend de l'arc-boutement dans l'arrière taille (σ_h)
- à un cisaillement provoqué par le fluage de la veine (τ)

La composition des trois vecteurs (σ_v , σ_h et τ) donne la contrainte principale, direction selon laquelle se propage la fissure.

Si ($\sigma_h < \sigma_v$) la contrainte d'arc boutement est inférieure à la contrainte verticale et si le cisaillement est négatif ($\tau < 0$), c'est-à-dire la veine flue plus que le premier banc du toit, la direction de la fracture est R3.

Si ($\tau = 0$), c'est-à-dire le banc flue autant que la couche où le coefficient de frottement entre la couche et le banc est nul, la fracture est R2. perpendiculaire aux bancs.

En veine 10 (campagnes 82 - 84 - 88) dont le premier banc du toit se compose de charbon et le deuxième de schistes gréseux, nous avons constaté les deux types de fractures; une fracture R2 produite dans le premier banc de charbon se prolonge effectivement dans le deuxième banc de schistes gréseux par une fracture inclinée R3.

En semi-dressants, nous avons noté l'absence des fractures inclinées vers le front de la taille (type R4) ce qui s'explique par la lithologie du toit et les faibles mouvements en taille.

2.4.3 - Chutes de toit

Les chutes de toit sont liées aux fractures naturelles et d'exploitation qui affectent le toit. Par conséquent la forme des chutes va dépendre de la lithologie du toit immédiat (*figure 26*).

Les tailles avec un toit de charbon ou de schistes charbonneux ont des chutes délimitées par les surfaces (R2-N-C), par contre dans un toit de grès ou schistes gréseux les chutes sont délimitées par les surfaces

R2, R3	fractures d'exploitation	(R3-N-C).
N	fractures naturelles	
C	rupture.	

Mais dans l'arrière-taille, les chutes et les fractures d'exploitation sont plus importantes. L'étude des mécanismes de dégradation du toit va expliquer ce phénomène.

2.5 - MECANISMES DE DEGRADATION DU TOIT DE LA TAILLE

Nous allons distinguer deux types de dégradation de la taille en semi-dressants :

- le premier lié à la géométrie même de la taille et à la méthode d'exploitation. Pour cela, nous suivrons une bande de toit depuis son découvert à front jusqu'à sa disparition dans le remblai.
- le deuxième lié à des phénomènes extérieurs à la taille et notamment à l'accumulation des contraintes en avant du front dues à des perturbations extérieures à la taille.

2.5.1 - Evolution de la dégradation en taille

Nous allons analyser les convergences, sur tous les doublets observables pendant chaque cycle, sur la largeur ouverte de la taille.

Le premier doublet, pour mesurer la convergence, est posé en ligne 1, un avancement (70 cm) en avant des vérins avant des piles. Lors des ripages successifs ce même doublet prend les positions suivantes :

- au niveau des vérins avant en ligne 2
- entre les vérins avant et arrière en ligne 3
- au niveau des vérins arrière en ligne 4
- dans l'arrière-taille, soutenue par le soutènement bois, à partir de la ligne 5 jusqu'à sa disparition dans le remblai.

FIG 27 LIAISONS DES CONVERGENCES ENTRE ALLÉES EN mm

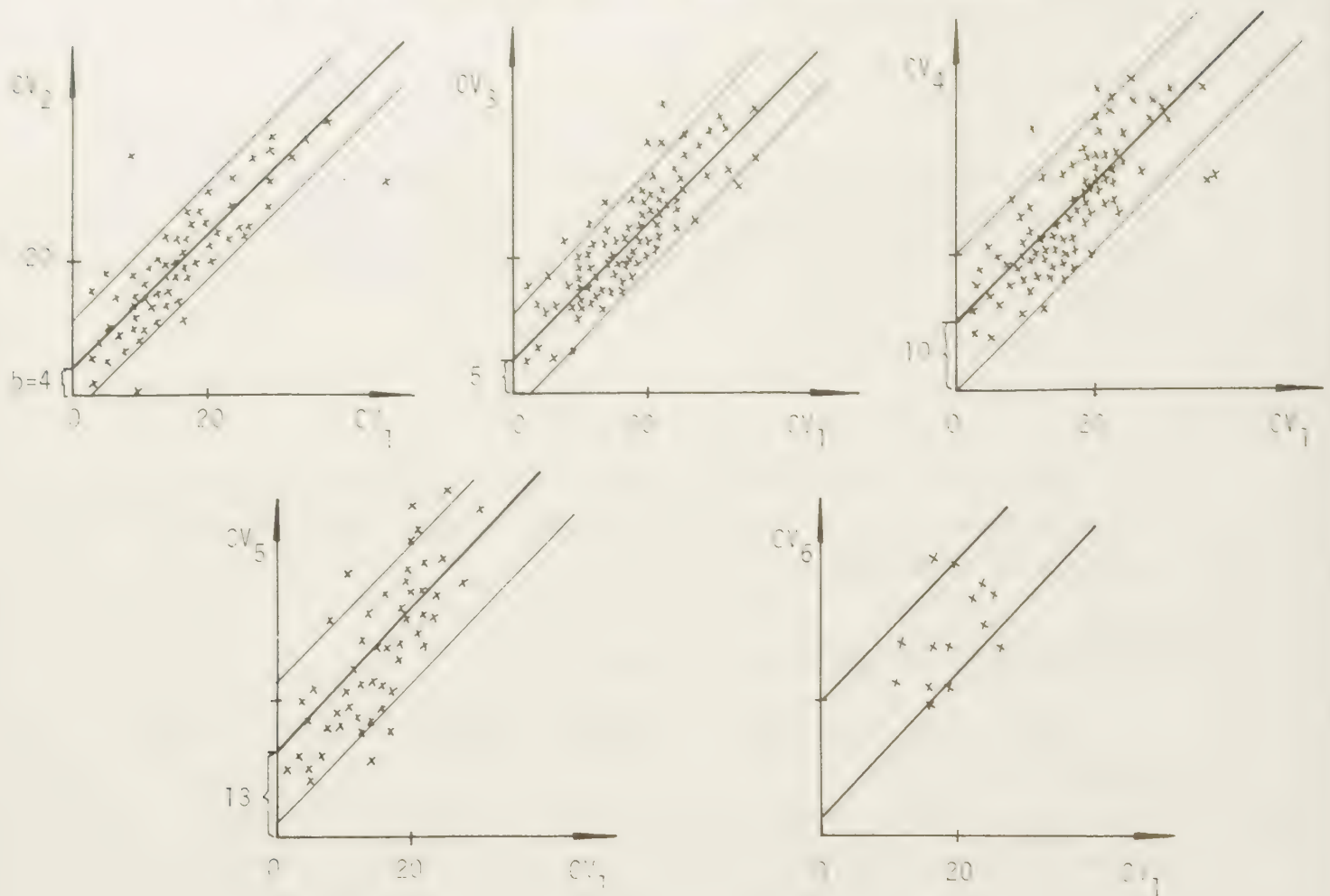
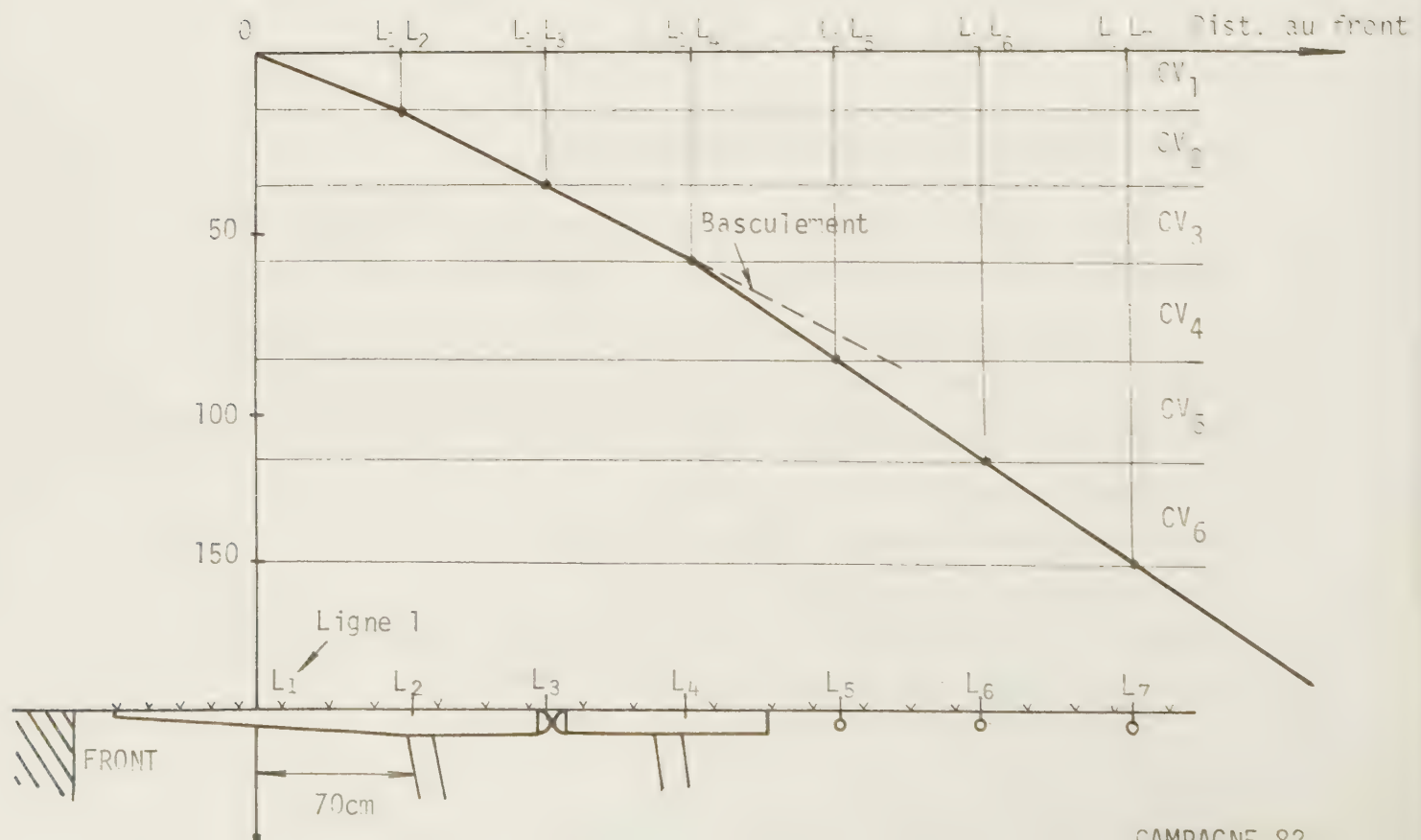


FIG 28 LA REFORME DU TOIT



Le rapprochement du toit et du mur qui se donne entre la pose d'un doublet en ligne 1 et son passage en ligne 2 représente *la convergence du cycle en allée 1* (CV 1). Ainsi, nous allons distinguer les convergences dans les différentes allées : CV2, CV3, CV4 ... lors du passage des doublets de la ligne 2 en ligne 3, de la ligne 3 en ligne 4 etc ... Les mouvements observés au même moment en ces différents points sont liés entre eux comme le montre l'exemple de la campagne 82 (en figure 27).

Plus précisément ces convergences sont liées par une équation du type : $CV_i = aCV_1 + b$, i = référence de l'allée.

La liaison est hautement significative avec une pente (a) égale à 1 dans la majorité des cas. Le toit descend d'une même quantité égale à la convergence en allée 1 auquel s'ajoute une *convergence fixe* (coefficient b) correspondant à la formation de la voûte du toit. Sur les piles, allées 2 et 3, le coefficient b est très faible (4 à 5 mm) par rapport à la convergence moyenne observée en allée 1 (20 mm). Par contre, dans l'arrière-taille, le coefficient b devient important (10 à 13 mm). Ceci s'explique par un *basculement du toit* derrière les piles dans la partie soutenue par le soutènement bois de l'arrière-taille.

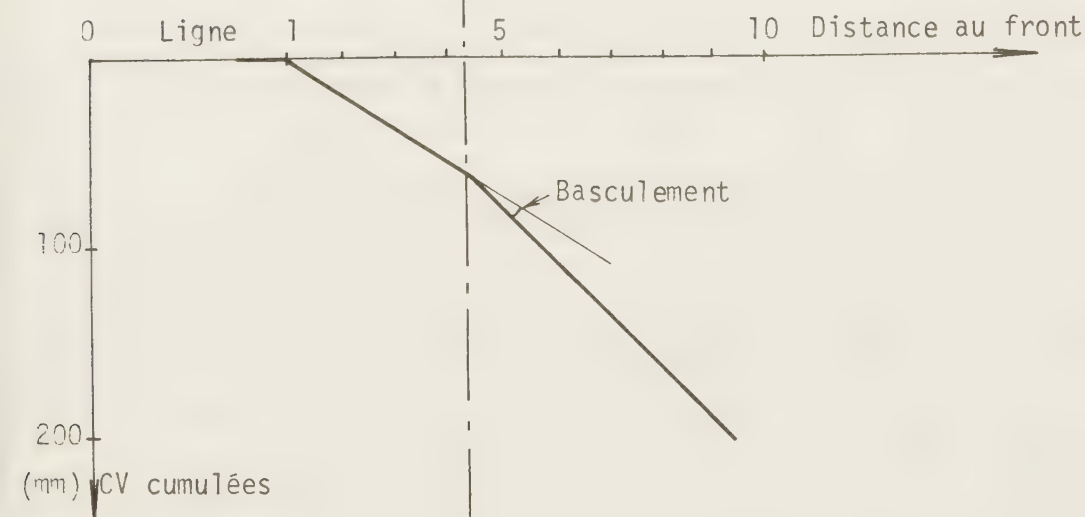
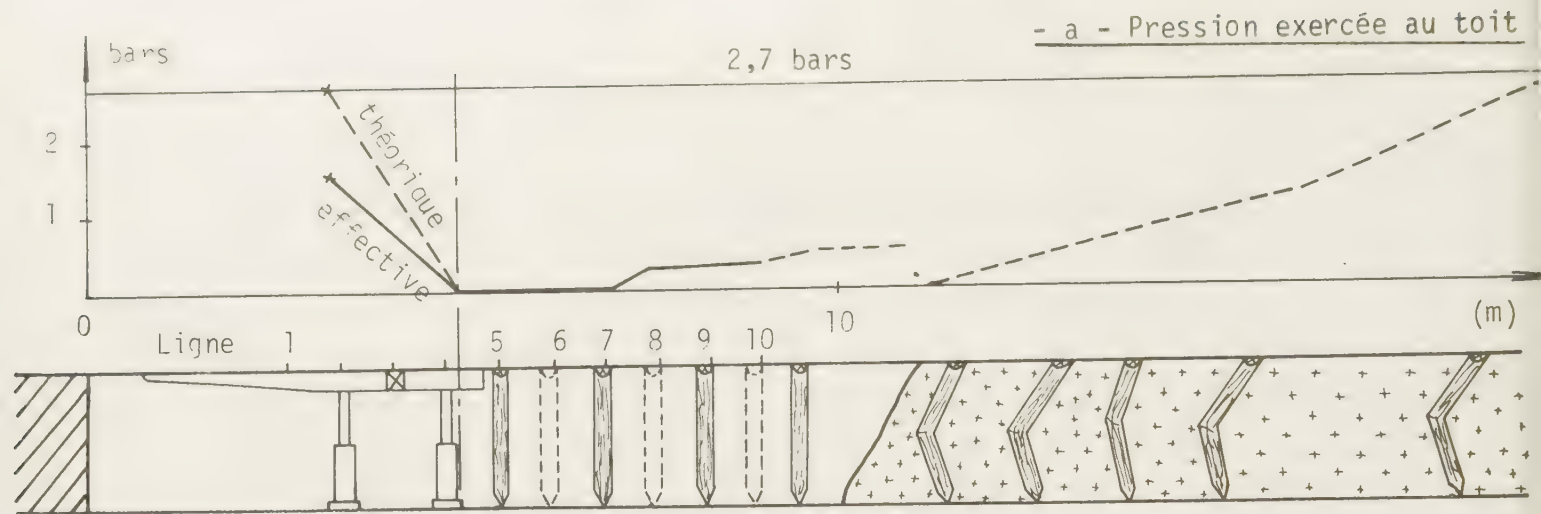
La déformée du toit, qui représente l'évolution de la convergence cumulée d'un doublet selon une perpendiculaire au front, montre le phénomène de basculement du toit dans l'arrière-taille et indique que les bancs du toit, bien que fracturés, gardent une certaine continuité géométrique due aux forces horizontales d'arc-boutement (figure 28).

L'importance du toit découvert dans l'arrière-taille a déjà été signalé. Afin d'expliquer le phénomène de basculement du toit nous allons suivre l'évolution de la pression transmise au toit par le soutènement marchant, le soutènement bois et enfin le remblai

(figure 29).

FIG 29

EVOLUTION DE LA DEGRADATION DU TOIT



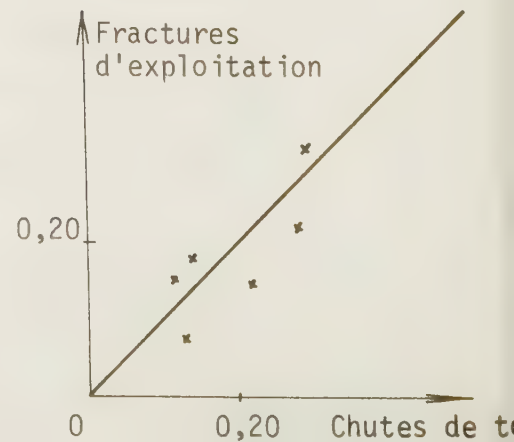
- c - Fracturation



- d - Chutes de toit



- e - Liaison fractures et chutes



Sur les piles, le soutènement exerce une pression moyenne effectivement mesurée de 1,5 bars. Ensuite, le soutènement bois prend le relais. Celui-ci ne commence à porter que lorsque l'écrasement du système bois-épointes est effectué. Or, les bois posés derrière les piles ne portent que 2 à 3 avancements après leur pose⁽¹⁾. Pendant cette période, le toit n'est pas soutenu, ce qui provoque son basculement derrière les piles. En ligne 7 ou 8, les bois commencent à porter pour atteindre une pression faible (généralement 0,3 bars) exercée au toit en ligne 10. Plus loin, c'est le remblai qui prend la suite comme support du toit. Le tassement du remblai s'effectue alors, ce n'est qu'à environ 20 m du front qu'on retrouvera la pression théorique du soutènement marchant à la charge du coulisement (2,7 bars).

Dans notre exemple, la descente du toit sur les piles est de 33 mm/m d'avancement, par contre dans l'arrière-taille elle est de 44 mm/m avec l'apparition du basculement du toit comme le montre l'évolution des convergences cumulées (*en figure 29b*). La conséquence directe de ce phénomène sur la dégradation du toit est évidente. Les fractures d'exploitation sont peu nombreuses sur les piles mais deviennent plus importantes dans l'arrière-taille (*figure 29c*).

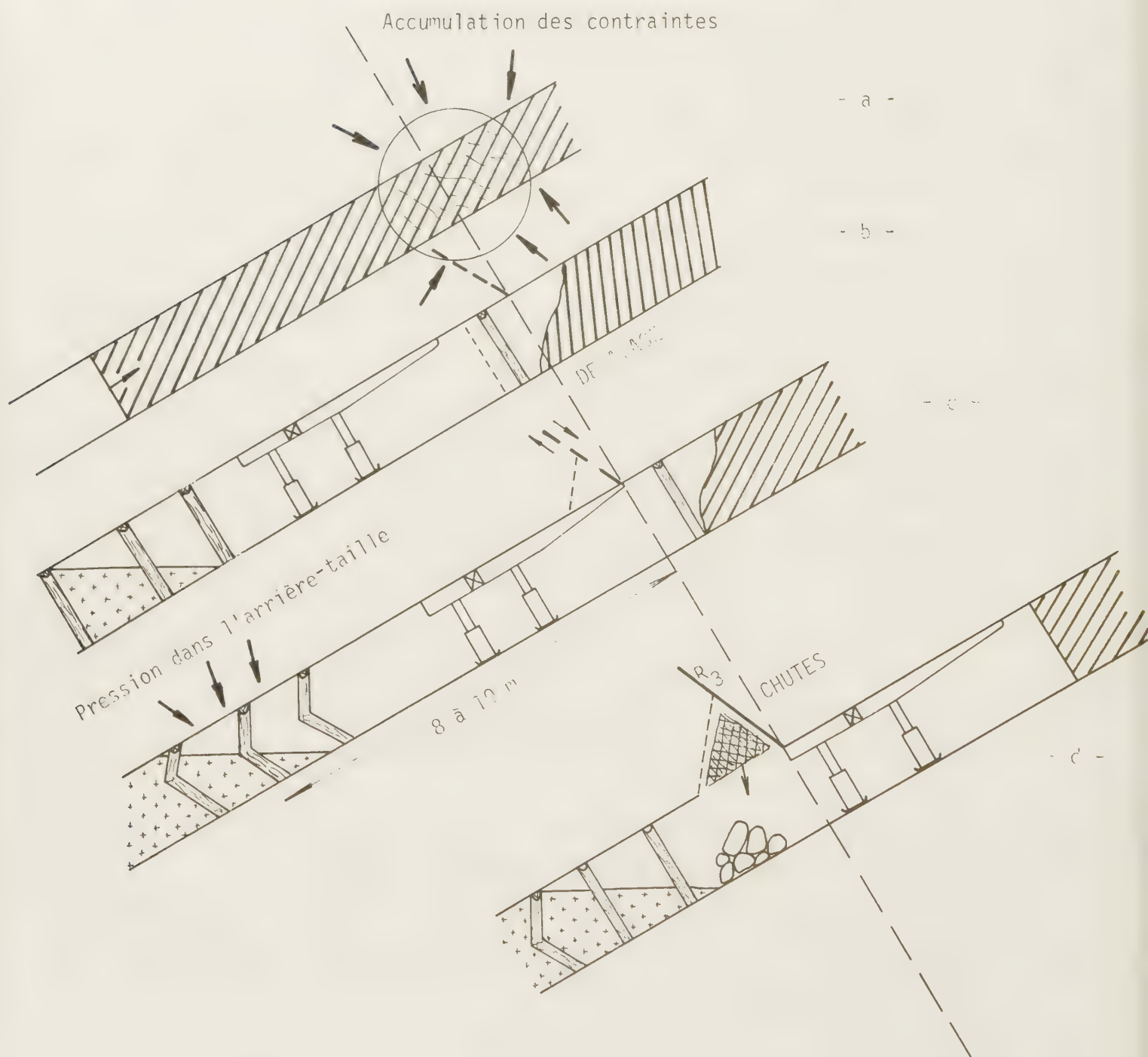
Il peut s'agir soit de nouvelles fractures qui apparaissent, soit de l'ouverture de fissures fermées jusqu'alors non décelables à front. Ces éléments indiquent que l'ensemble du soutènement (piles et bois) et du remblai ne contrôlent pas correctement le toit et surtout l'arrière-taille.

La liaison entre les fractures d'exploitation et les chutes de toit (*figure 29e*) fait apparaître un phénomène identique sur l'évolution des chutes de toit en taille. En effet, les chutes de toit comme les fractures sont plus importantes dans l'arrière-taille que dans la partie soutenue par le soutènement marchant où les chutes de toit sont peu nombreuses (*figure 29d*).

⁽¹⁾ Voir cinquième partie.

FIG 30

MANIFESTATION D'UNE FUGA DE CHARGE
CANTIERE 87



Nous nous trouvons en présence du cycle de phénomènes suivant : la faible portance du soutènement bois dans l'arrière-taille par rapport à la partie soutenue par les piles, induit un déséquilibre. Ceci provoque un basculement dans l'arrière-taille lorsque le toit n'est plus contrôlé par le soutènement marchant. Le basculement du toit accentue la décohésion du toit en favorisant l'apparition des fractures d'exploitation qui augmentent les probabilités des chutes de toit.

2.5.2 - Manifestation d'un coup de charge - Délavage du front

Nous avons observé quelques phénomènes de "coup de charge" qui ont toujours été liés à une accumulation des contraintes en avant du front, dues à des perturbations extérieures à la taille :

- une limite d'exploitation ou un stot situé au toit ou au mur de la veine
- un dérangement tectonique

ou au démarrage de la taille (20 à 40 m).

En semi-dressants, un coup de charge se manifeste en taille par un délavage du front, une forte convergence, des fractures d'exploitation, des chutes de toit et la rupture des bois dans l'arrière-taille. Ces phénomènes sont liés entre eux d'une manière précise comme nous le verrons sur le cas de la veine 8 influencée par des limites d'exploitation situées au toit et au mur (campagne 83).

L'approche de la culée frontale⁽¹⁾ dans la zone perturbée par des fortes contraintes en avant du front (*figure 30 a*), crée un délavage du front. Celui-ci, aidé par le fluage de la veine vers la taille et le pendage, devient important ; le garnissage du front par des bois est nécessaire afin d'éviter la déconsolidation du toit en avant des piles et assurer l'avancement. Une fissure peut se former au toit dans la zone délavée, mais la convergence en taille n'est pas suffisante pour qu'elle s'ouvre (*figure 30 b*).

(1) Zone des contraintes qui se développe en avant du front.

Lorsque la fissure se trouve sur les piles, nous assistons dans l'arrière-taille à une manifestation de pression qui se traduit par un fort basculement du toit derrière les piles et rupture des bois (*fig. 30 c*).

Enfin, lorsque la fissure se trouve derrière les piles, le basculement du toit vers l'arrière-taille amorce une chute de toit ; "le pompage" du toit immédiat par le soutènement ayant contribué à la dégradation. Cette chute se délimite par une fracture R3 inclinée vers le remblai (*figure 30 d*).

Nous avons donc le cycle suivant des phénomènes : manifestation d'une pression en avant du front, délavage et création d'une fissure, boisage à front, manifestation de pression dans l'arrière-taille à 8-10 m de l'endroit du délavage et enfin, formation d'une chute de toit à partir d'une fracture inclinée R3 dans l'arrière-taille.

Dans les tailles en plateaux, lors d'un coup de charge, ce sont les décrochements et les chutes de toit qui sont les plus importants. En semi-dressants c'est le délavage du front. La tenue du front de charbon est particulièrement importante pour la dégradation dans le cas de toit immédiat fragile et tectonisé. L'exemple suivant permettra d'étudier la liaison entre les 2 paramètres : chutes de toit à front et délavage du front.

Le toit immédiat de la veine 12b, champ Est du siège Simon se compose de schistes durs sur 10 à 80 cm et présente les discontinuités naturelles parallèles au front et inclinées vers lui (stichs) d'autres inclinées vers l'arrière-taille^{et} des passées charbonneuses parallèles à la stratification qui favorisent une séparation en petits bancs. Les chutes de toit se forment par la combinaison de ces discontinuités.

FIG 31

"STICHS" ET LE DELAVAGE DU FRONT

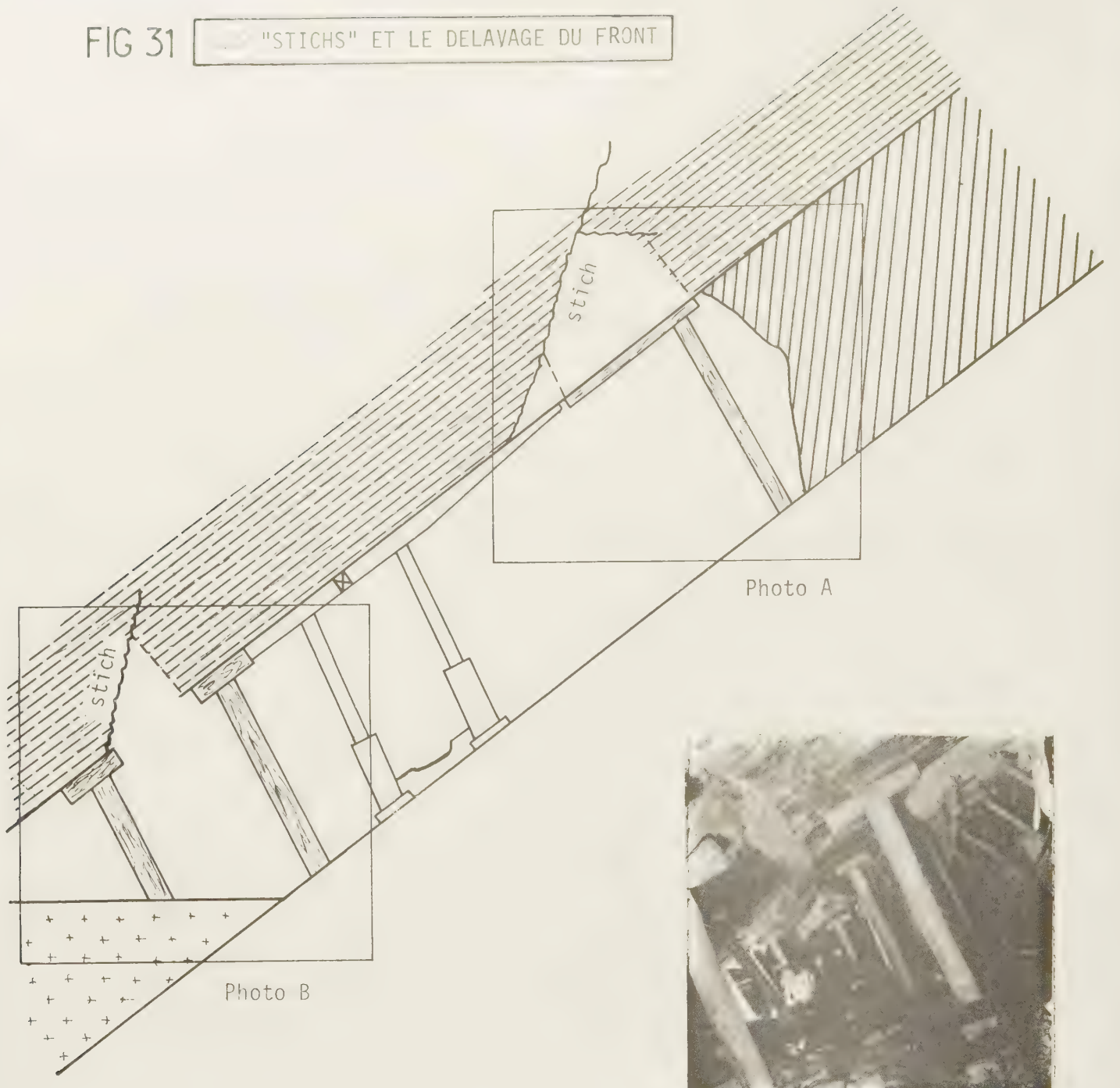


Photo A

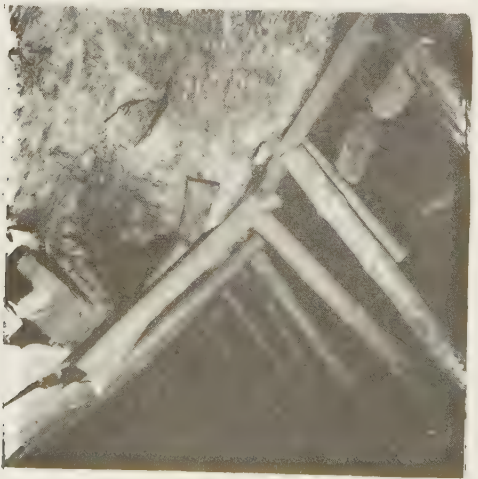


Photo B

Le délavage du front et les discontinuités naturelles favorisent la formation des chutes en avant des piles ce qui provoque des perturbations à la marche de la taille. Les photos A et B de la (figure 31) présentent en coupe la dégradation du toit en avant des piles et dans l'arrière-taille. La photo A montre le délavage du front et le boisage mis pour tenir le charbon ainsi que le toit dégradé par une chute. Cette chute s'amorce à partir d'un "stich" (parallèle au front et inclinée vers lui), une deuxième discontinuité naturelle inclinée vers l'arrière-taille délimite la chute. Dans l'arrière-taille, la photo B montre une chute amorcée sur "un stich" parallèle au front.

Il a été possible d'agir dans certains endroits, en consolidant le massif de charbon avec des boulons de fibre de verre d'une longueur de 3 m scellés à la résine. Ceci a empêché le délavage du front et concurremment la dégradation du toit.⁽¹⁾

EN RESUME

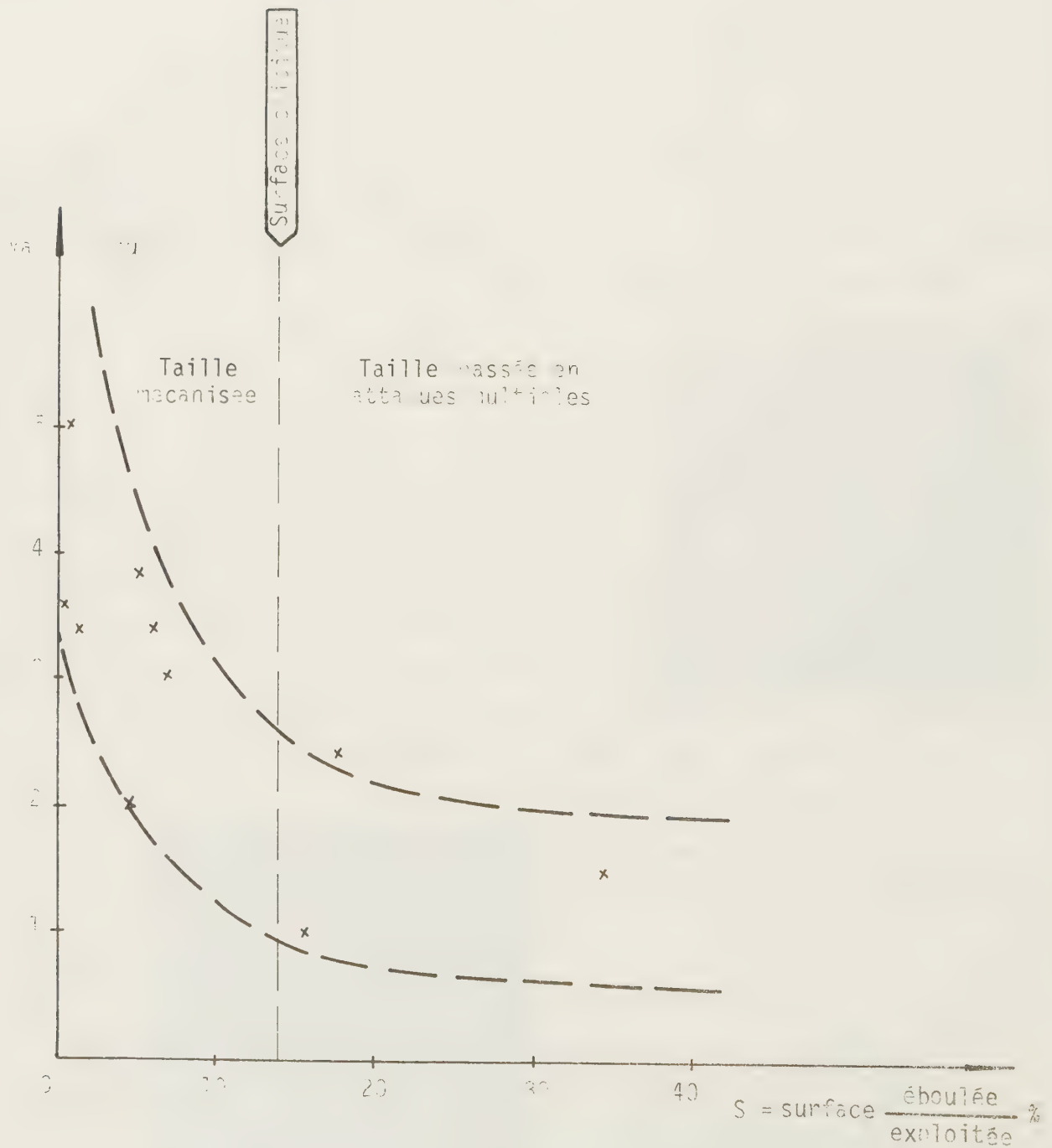
Dans les tailles en semi-dressants, avec remblai hydraulique dans l'arrière-taille, les mouvements des épontes sont faibles, les fractures et chutes de toit moins nombreuses que dans les tailles en plateure foudroyée. Cependant, la géométrie particulière de ce type de chantier (pendage, grand découvert dans l'arrière-taille) favorise un basculement du toit derrière le soutènement marchant et une dégradation qui peut perturber l'avancement de la taille. De plus, la chute du charbon à front contribue à la dégradation du toit.

La (figure 32) présente en abscisses, la surface éboulée exprimée en % de la surface exploitée et en ordonnées la vitesse d'avancement en mètres/jour des différentes tailles étudiées.

(1) En Allemagne, une méthode semble être utilisée avec succès pour consolider le front. Elle consiste à utiliser des cartouches de "polyuréthane" matériau qui augmente son volume en passant à l'état de mousse jusqu'à 5 à 8 fois son volume initial, et a de bonnes propriétés adhésives [13].

FIG 32

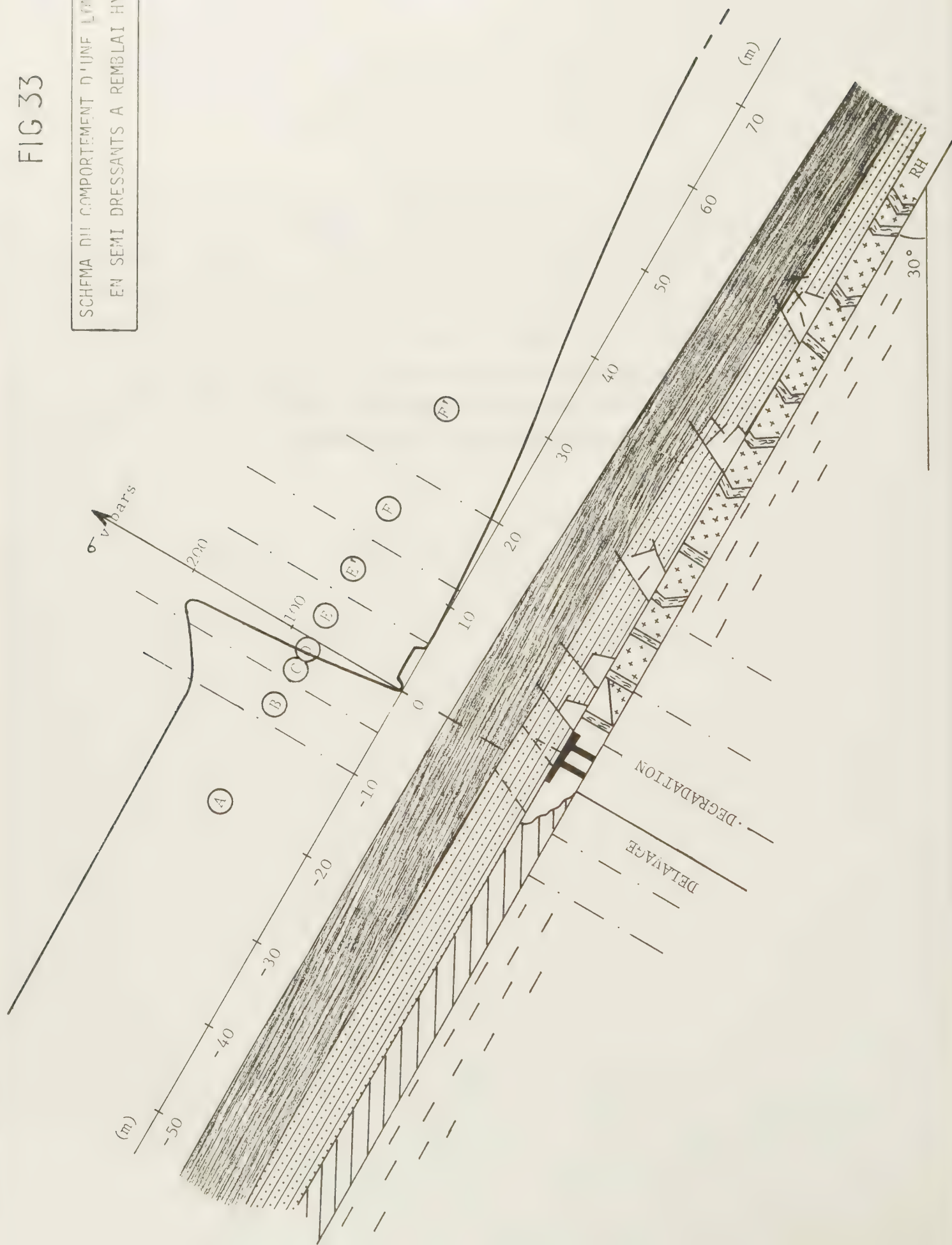
INTERACTION DE LA VITESSE D'AVANCEMENT D'UNE
TAILLE ET LA DEGRADATION DU TOIT



Nous constatons que lorsque la surface éboulée dépasse environ 10 % de la surface exploitée, proportion faible par rapport aux surfaces éboulées observées en plateure, la vitesse d'avancement des tailles mécanisées tend vers celle des tailles non mécanisées prises en attaques multiples (1 m/jour). Au-delà de ce seuil, la mécanisation des tailles inclinées n'est plus rentable par ce qu'il faut associer au soutènement marchant un boisage supplémentaire analogue à celui des attaques multiples et mis en place en avant des piles entre les piles et dans l'arrière-taille.

FIG 33

SCHEMA DU COMPORTEMENT D'UNE LOUPE TAILLÉE
EN SEMI DRESSANTS A REMBLAI HYDRAULIQUE



- CHAPITRE III -

SCHEMA DU COMPORTEMENT D'UNE LONGUE TAILLE
EN SEMI-DRESSANTS

Les études effectuées sur les 10 tailles permettent de schématiser la veine et le toit d'une exploitation en semi-dressants par le schéma de la figure 33.

En avant du front nous trouvons les mêmes zones A, B, C, D que dans le cas des tailles en plateure foudroyées. Ces zones sont plus rapprochées du front, ce qui est normal vu les faibles mouvements des semi-dressants. La comparaison des 56 capsules pressiométriques⁽¹⁾ posées en plateure et 26 en semi-dressants montre bien les différences sur la position de la première montée (do) et du maximum des contraintes (dmax) par rapport au front : do varie de 10 à 40 m en plateure et de 0 à 10 m en semi-dressants, dmax varie de 1 à 8 m en plateure et 0 à 3 m en semi-dressants (figure 34).

Ainsi, on distingue :

- la zone A à plus de 10 m en avant du front où les terrains sont en équilibre
- la zone B entre 10 et 3 m du front où les contraintes dans le charbon croissent lentement. En moyenne, la première montée se situe à 6 m du front pour les veines non influencées et 3,50 m pour les veines détendues par d'autres exploitations.

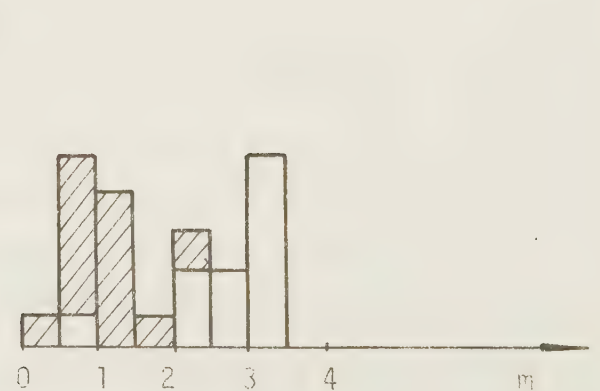
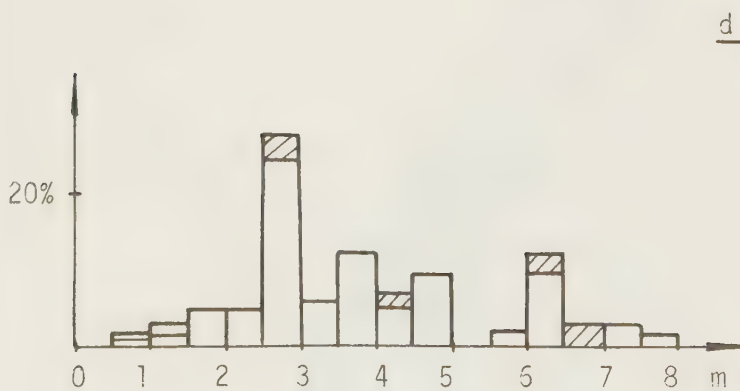
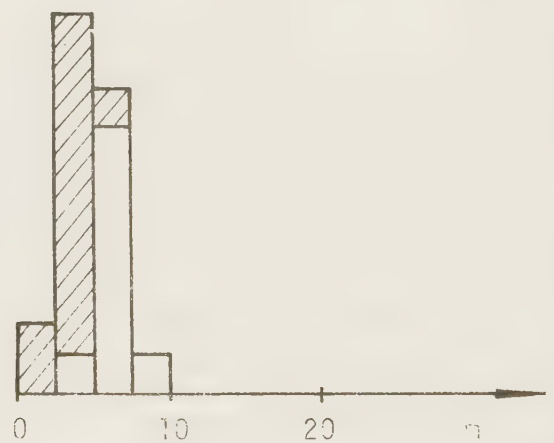
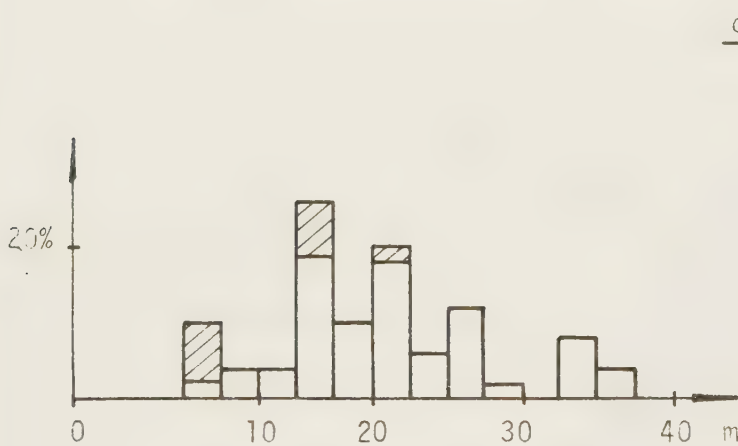
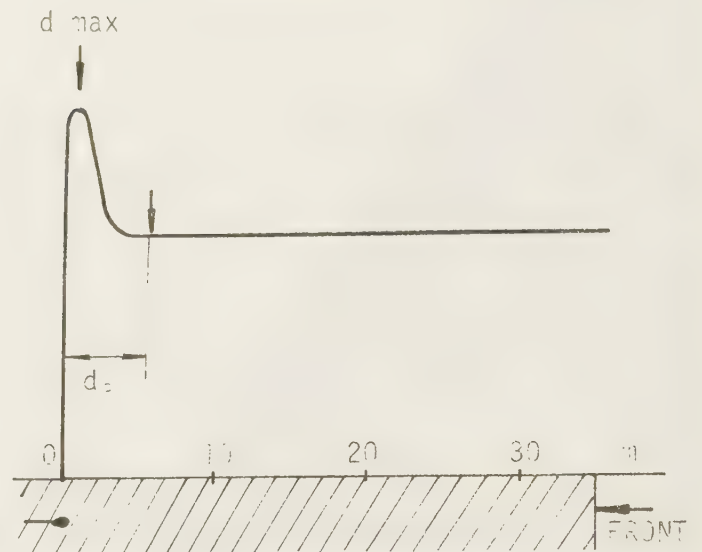
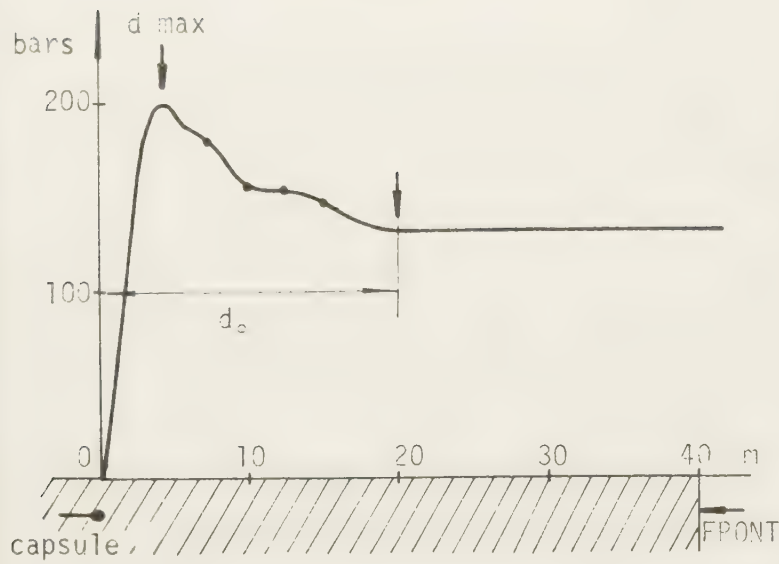
(1) Voir la description en 3ème partie, Chapitre II.

FIG 34

CAPSULES PRESSIOMETRIQUES

PLATEURE

SEMI DRESSANTS



Veine détendue
 Veine non influencée

- la zone C entre 3 m et le front où les contraintes dans le charbon passent par un maximum. L'expansion du charbon est très importante; l'expansion à 1,50 m du front représente 50 à 70 % de l'expansion totale à 6 m du front. Le charbon flue vers le vide créé par la taille et souvent se déconsolide. Dans cette zone le délavage du front peut se produire.
- la zone D très près du front, les contraintes dans le charbon chutent rapidement et les déplacements sont importants.

En taille, nous allons distinguer deux zones : la zone E soutenue par le soutènement marchant et dans l'arrière-taille la zone E' soutenue par le soutènement bois.

La zone E présente une faible dégradation du toit mais les phénomènes du délavage du front peuvent contribuer à des conditions difficiles.

La zone E', soutenue par un soutènement bois qui ne n'assure un appui au toit que 2 à 3 avancements (environ 2 m) après sa pose derrière les piles, ^{Elle} est caractérisée par un basculement du toit vers l'arrière-taille et l'aggravation de la dégradation du toit.

La zone F de tassement du remblai entre 10 et 20 m du front. Les convergences continuent à croître jusqu'au tassement du remblai et les contraintes croissent lentement.

La zone F' à plus de 20 m du front, c'est la zone résistante du remblai. Les convergences se stabilisent et les contraintes croissent rapidement.

TABLEAU 10 : RECOMPRESSION DES TERRAINS DANS LE REMBLAI

CAMPAGNE	Situation		N _{vh} bars	Nl bars	Nl/N _{vh}
	sus-jacente	sous-jacente			
84	L	-	80	40	1/2
	D	-	80	20	1/4
85	-	D	100	25	1/4
90	D	D	60	8	1/7
93	N.I	N.I	65	20	1/3.
94	-	D	65	15	1/4

L veine sous l'influence d'une limite d'exploitation.

D veine détendue.

N.I veine non influencée.

Nous avons pu suivre ces contraintes jusqu'à 60 m du front où elles continuent à croître. Il est intéressant de comparer le niveau atteint à celui de la contrainte naturelle exercée par le recouvrement des terrains. Le calcul effectué ne donnera qu'un ordre de grandeur, non seulement par les simplifications faites, mais également par ce que dans la plupart des cas, la faible étendue des panneaux exploités fait que nous nous trouvons (du point de vue des affaissements de surface) en situation "sous-critique" : aucun point en surface n'atteint l'affaissement maximum.

Entre le remblai et le toit, existe une surface de séparation le long de laquelle on peut admettre qu'il ne se transmet que la contrainte N_{vh} normale à cette surface. En supposant un comportement élastique du terrain, la construction du cercle de Mohr permet de calculer cette contrainte N_{vh} normale aux épontes et qui dépend du rapport $K = N_h/N_v$ entre les contraintes principales dans le terrain : N_h contrainte horizontale et N_v contrainte verticale égale au poids des terrains.

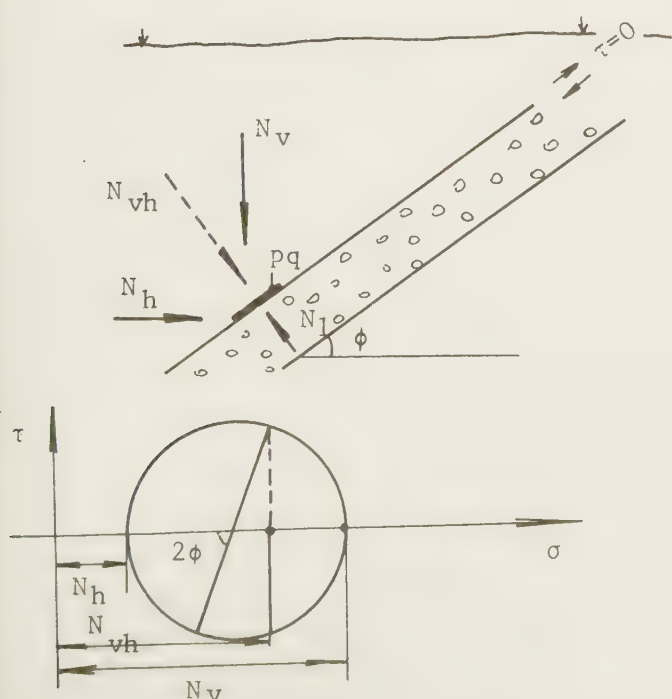
Le coefficient K peut varier entre 0 et 1 mais on retient une valeur moyenne $K = 0,25$; valeur admise couramment.

Nous considérons un petit élément de surface (pq) situé au toit de la couche en contact avec le remblai et qui forme un angle ϕ avec l'horizontale égal au pendage de la couche.

Il est soumis aux contraintes N_v et N_h et le cercle de Mohr permet de calculer la contrainte N_{vh} normale à la surface pq.

$$N_{vh} = \frac{N_h + N_v}{2} + \frac{N_v - N_h}{2} \cos 2\phi$$

$$N_{vh} = N_v \frac{1 + K}{2} + \frac{1 - K}{2} \cos 2\phi$$



Avec un pendage moyen $\phi = 35^\circ$, $K = 0,25$ et poids spécifique des terrains égal à $2,2 \text{ T/m}^3$, nous avons une équation qui lie la contrainte N_{vh} à la profondeur H de la couche

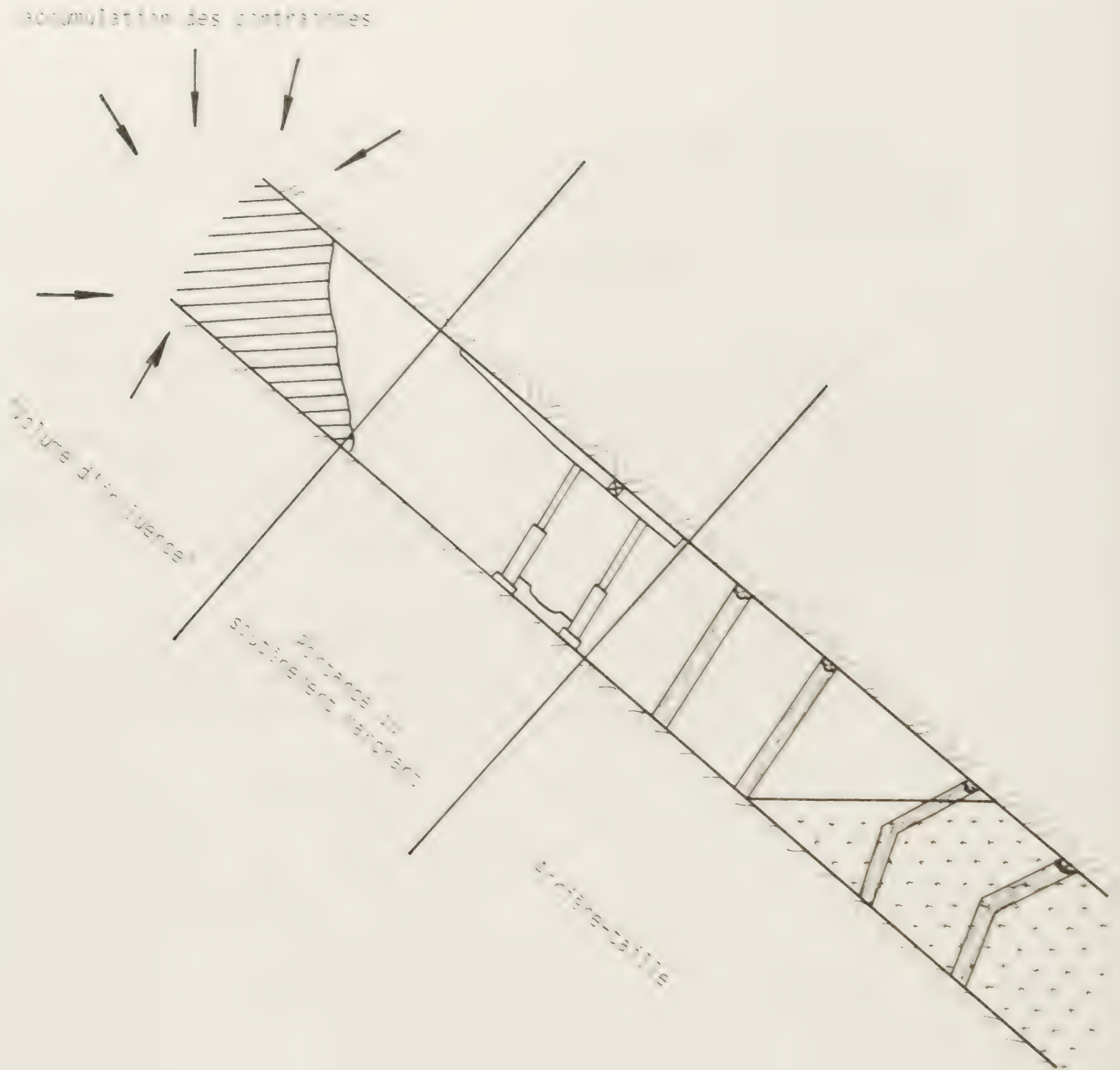
$$\boxed{N_{vh} = 0,165 H} \quad (11)$$

La comparaison de la contrainte N_{vh} à la contrainte perpendiculaire aux épontes (N_1) mesurée dans le remblai hydraulique des 5 cas expérimentaux, montre qu'on est loin d'atteindre la contrainte due au recouvrement du terrain. En effet, le niveau atteint dans le remblai à 60 m du front de la taille a varié de $1/2$ à $1/7$ du poids de recouvrement des terrains. Ceci dépend essentiellement de la situation de la taille : (tableau 10)

- taille en terrain non influencé $1/3$
- taille sous l'influence d'une limite d'exploitation $1/2$
- taille dans des terrains détendus par d'autres exploitations $1/4$ à $1/7$, c'est-à-dire des contraintes très faibles.

FIG 35

PROBLEMES DES TRILLES EN SEMI DRESSANTS



- CHAPITRE IV -

CLASSIFICATION DES PROBLEMES DES TAILLES EN SEMI-DRESSANTS (*fig. 35*)

Nous avons vu que dans les tailles en semi-dressants le délavage du front (chute du charbon) présente des problèmes qui sont accentués par le pendage de la couche. Nous verrons que le délavage dépend d'abord de l'état de contraintes en avant du front conditionné par la position de la taille par rapport aux autres exploitations. Il sera étudié dans la troisième partie intitulée "*Le volume d'influence d'une exploitation*".

Le comportement du toit étant lié à la portance du soutènement marchant (comme cela a été montré avec succès en plateure), on pouvait espérer en semi-dressants améliorer ce comportement par augmentation de la portance du soutènement. Les résultats des tentatives effectuées feront l'objet de la quatrième partie "*La portance du soutènement marchant*".

Enfin, nous avons vu que la dégradation du toit, faible sur les piles, devient plus importante dans l'arrière-taille à cause du basculement du toit. Nous avons essayé de modifier le soutènement de bois et le remblayage pour réduire les mouvements dans la taille. Ceci fera l'objet de la cinquième partie "*L'arrière-taille*".

4.1 - LE VOLUME D'INFLUENCE D'UNE EXPLOITATION

L'exploitation d'une taille perturbe les terrains qui l'entourent dans un volume dit "le volume d'influence".

L'expérience des études en tailles de semi-dressants dans les faisceaux très denses a montré l'importance de l'interaction entre deux ou plusieurs tailles dans ce type de gisement.

Notre étude aura comme objectif de :

- préciser les *effets* produits sur une taille par une exploitation antérieure.
- de déterminer les *dimensions* du "volume d'influence d'une exploitation".

Dans un terrain de type donné, on veut prévoir la situation approximative des zones de fortes contraintes et par conséquent sujettes à de fortes dégradations et les zones de faibles contraintes où l'exploitation est facilitée.

Comme nous le verrons par la suite, une limite d'exploitation située au toit ou au mur d'une taille engendre de fortes contraintes qui se traduisent en taille par :

- un délavage du front important
- des convergences fortes
- une dégradation du toit

Ces perturbations liées à la distance qui sépare la taille de la limite d'exploitation influençante dépendent aussi de la nature des terrains.

Par contre, lorsqu'une exploitation se trouve au-dessous ou au-dessus d'un massif déjà exploité, les conditions en taille s'améliorent par :

- la disparition du délavage du front
- une diminution des convergences
- une diminution de la dégradation du toit

Ceci est très important lors du découpage des panneaux et du plan de priorité des veines. Deux idées intéressantes en résultent :

- . Une veine d'un faisceau vierge, hors de toute influence, peut détendre les terrains et permettre que les autres veines du faisceau, mécanisées, de traverser des terrains détendus sans difficulté. Nous essayerons de préciser la distance optimum où les effets de détente sont décelables.
- . Par contre, lors du découpage d'un panneau, il est nécessaire de localiser les zones à fortes contraintes qui vont perturber l'avancement de la taille. Des mesures préventives pourront être prises comme : renforcer le boisage en taille et en voie, prévoir une équipe supplémentaire d'action et surtout limiter les zones perturbées par un découpage efficace.

4.2 - LA PORTANCE DU SOUTÈNEMENT MARCHANT

L'augmentation de la portance du soutènement pour améliorer le comportement des tailles a été l'objectif principal des études de semi-dressants.

Nous allons voir que l'augmentation de la portance effective de 40 à 110 t/m du front ne réduit pas la convergence en taille car il se produit un autre phénomène : l'impulsion de la convergence qui se donne pendant le havage et le rîpage des piles est importante et contrebalance la diminution de la convergence obtenue pendant le serrage des piles.

Par conséquent, l'augmentation de la portance n'a pas modifié la dégradation du toit sur le soutènement et le délavage du front. Par contre, elle accentue la dégradation du toit dans l'arrière-taille par le déséquilibre plus important qui se crée entre le toit soutenu par les piles et le toit soutenu par le soutènement bois dans l'arrière-taille.

Cependant, l'étude de la portance va permettre d'étudier plusieurs modifications afin d'obtenir une utilisation optimum du soutènement adaptée aux conditions de la taille, en homogénéisant les charges d'une part au cours d'un cycle avec le ripage et les pénétrations des épontes d'autre part avec la chute de portance dans l'arrière-taille derrière les piles. Les essais suivants seront étudiés :

- rapprochement de la charge de pose à la charge de coulisement pour réduire les dispersions des charges
- utilisation de la pose activée pour diminuer les faibles valeurs à la pose
- augmentation de la surface des semelles pour éviter le poinçonnement au mur.

4.3 - L'ARRIERE-TAILLE

Nous avons vu l'importance du basculement du toit et des dégradations produites dans le vide conservé dans l'arrière-taille. Notre objectif sera de réduire les mouvements du toit en favorisant un meilleur comportement de l'arrière-taille.

Deux essais ont été entrepris :

- augmentation de la portance du soutènement bois en le posant plus près du front et en modifiant les contacts au mur.
- raccourcissement de la zone de tassement du remblai hydraulique en le posant plus près du front et en modifiant sa structure assurant un meilleur "clavage au toit".

- TROISIEME PARTIE -

LE VOLUME D'INFLUENCE D'UNE EXPLOITATION

INTRODUCTION

L'exploitation d'une taille perturbe les terrains qui l'entourent. Ses effets sont connus sur les galeries se trouvant dans "le volume d'influence" de la taille.

L'expérience de l'exploitation des tailles en semi-dressants dans les faisceaux très denses a montré l'importance de l'interaction entre deux ou plusieurs tailles dans ce type de gisement {14}.

Les études que nous avons effectuées en taille ont eu pour objectif :

- de préciser les effets produits sur une taille par une autre exploitation
- de déterminer les dimensions du volume d'influence d'une exploitation à l'intérieur duquel on peut déceler des mouvements ou des variations des contraintes qui vont se traduire par des perturbations sur les tailles qui le traversent.

Avant de présenter les différents cas expérimentaux en semi-dressants, on rappellera dans une première partie, le vocabulaire, les mécanismes et les résultats obtenus dans l'étude de l'influence d'une exploitation sur le comportement des galeries et des tailles en plateures. La détente des terrains mesurée par le dégagement du grisou complétera cette première partie du chapitre.

FIG 36

POSITION D'UNE GALERIE PAR RAPPORT A UNE EXPLOITATION



Zone 0 Non influencée

Zone 1 Sous l'effet limite

Zones 2-3 Sous l'effet détente

- CHAPITRE I -

RAPPEL DES RESULTATS CONCERNANT LE VOLUME D'INFLUENCE

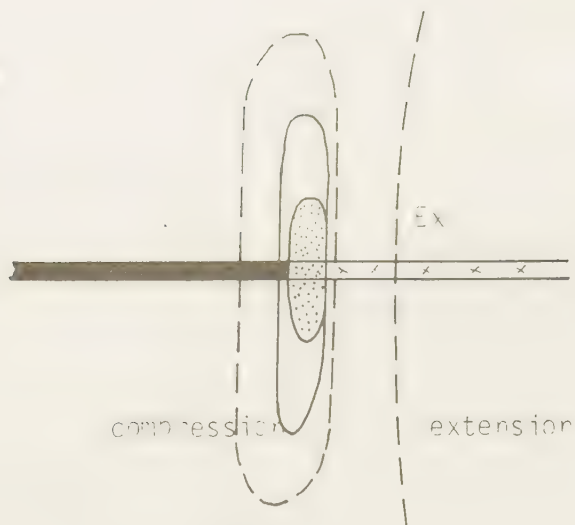
1.1 - DEFORMATIONS DES GALERIES SOUS L'INFLUENCE D'UNE EXPLOITATION
EN PLATEURE

Les galeries situées dans le "volume d'influence" d'une exploitation subissent des déformations (réduction de section, convergence) et des déplacements (affaissement global ou montée) qui dépendent de :

- leurs positions par rapport à la zone exploitée
- l'ouverture de la zone exploitée
- du traitement de l'arrière-taille
- des caractéristiques des terrains.

Une galerie située au mur ou au toit d'une taille en plateure traverse les terrains perturbés et l'on peut distinguer 4 zones ; les zones 0, 1, 2 ou 3 (*figure 36*).

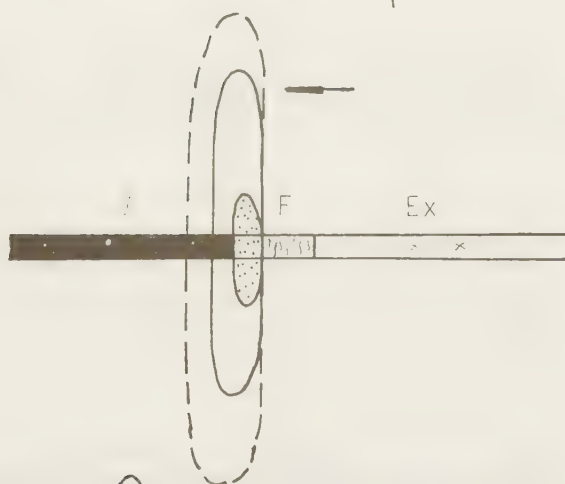
La galerie en zone 0, sous ou sus le charbon en place n'est pas influencée par la taille exploitée. En zone 1, nous nous trouvons sous l'influence de la limite d'exploitation de la taille ; on appellera *effets limite* les effets observés dans cette zone. Enfin, dans les zones 2 et 3, la galerie se trouve au mur ou au toit du charbon exploité ; on appellera *effets détente* les effets observés dans ces zones.



ZONE DES CONTRAINTES
MAXIMALES

ZONE DE TRUMPETER

(b)



(c)

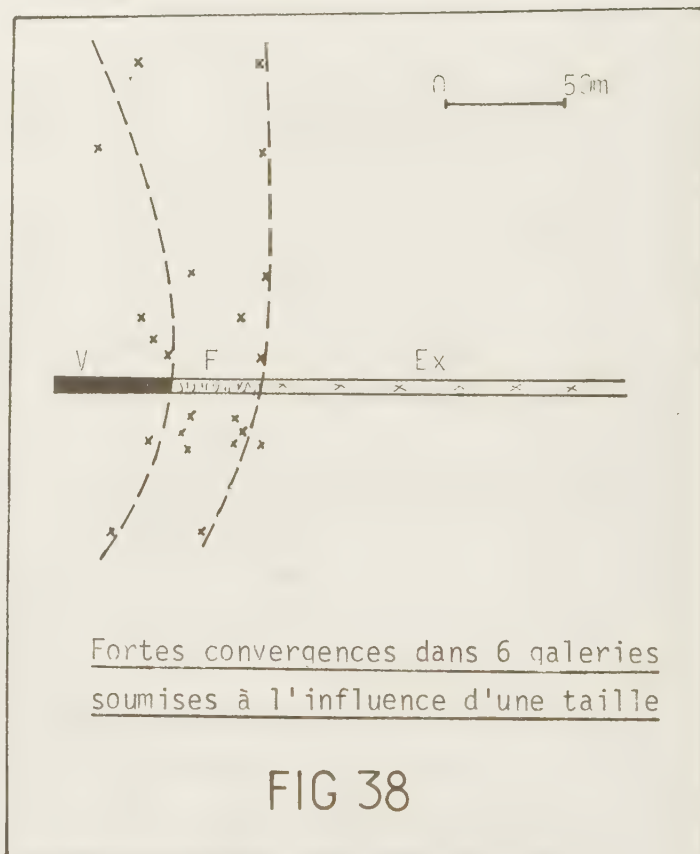
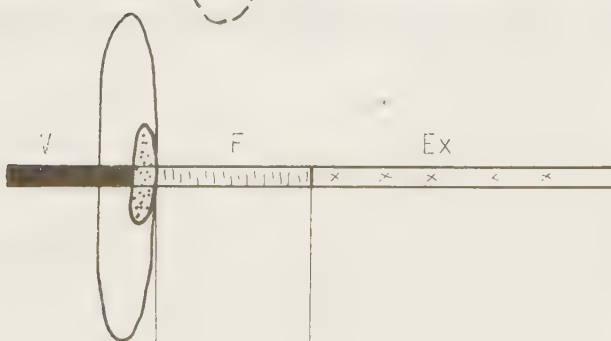
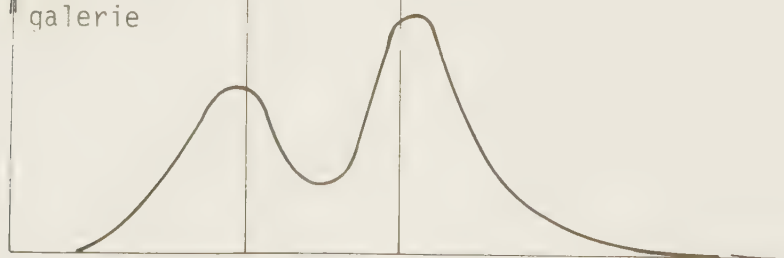


FIG 38



CV dans la
galerie



V charbon vierge (en place)
F charbon fissuré
Ex. charbon exploité

o La galerie sous l'influence d'une limite d'exploitation en zone 1

Les galeries qui traversent l'aplomb de la surface exploitée présentent un maximum de convergences qui traduit la position des fortes contraintes verticales correspondant à la zone de *Trumpeter* comme le montre les courbes d'isocontraintes. (*Figure 37a*).

Le charbon qui reste en place se fissure sur une assez grande profondeur au cours du temps (*figure 37b*). La zone de contraintes⁽¹⁾ se déplace en fissurant les terrains au voisinage puis se stabilise (*figure 37c*). Ce deuxième *maximum de contraintes* plus faible que le premier, attaché à l'extrémité de la zone fissurée, est lié à l'état d'équilibre des terrains après exploitation.

Une étude sur 12 chantiers dans les charbonnages a permis de localiser les deux zones où les contraintes se traduisent par des convergences fortes {15}. L'effet sur l'amplitude des déformations des galeries a été mesuré jusqu'à plus de 85 mètres au-dessous et 130 m au-dessus d'une taille (*figure 38*). Ces phénomènes sont liés à l'effet limite de la taille exploitée.

o La galerie au mur de l'exploitation en zone 2

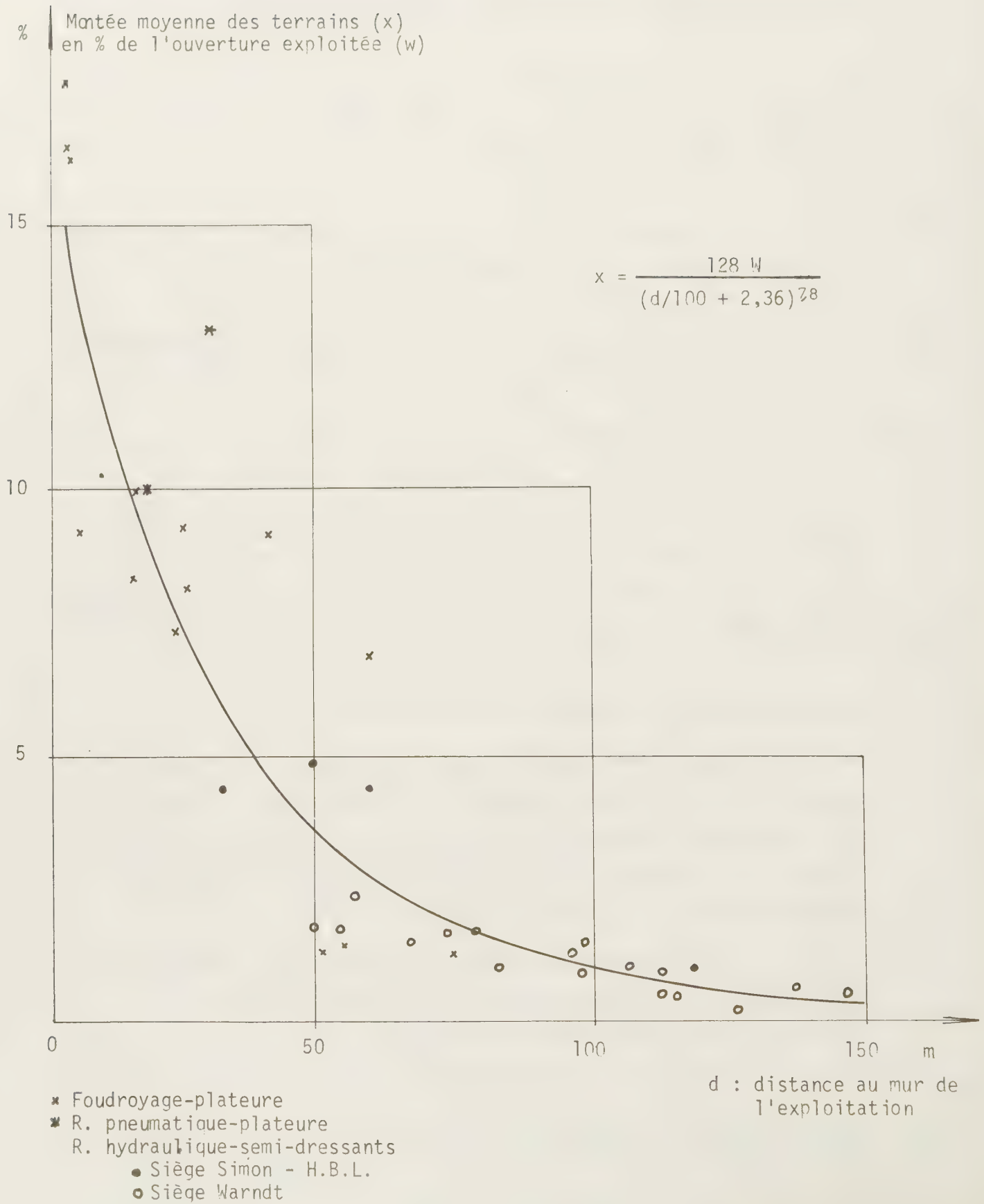
Au-dessous du charbon exploité se produit une détente qui se manifeste par une montée d'ensemble des terrains. Cela se traduit par un freinage des déformations des galeries et par une montée du toit et du mur de ces ouvrages, proportionnelle à l'ouverture exploitée et décroissante avec la distance séparant l'ouvrage de la couche {16}.

Le déplacement des terrains ne dépend que de l'ouverture et de la distance de l'exploitation. En particulier, le traitement de l'arrière-taille n'intervient pas (*figure 39*).

(1) *Culée frontale ou culée de contrainte.*

FIG 39

MONTEE DES TERRAINS EN FONCTION DE LA
DISTANCE AU MUR DE L'EXPLOITATION

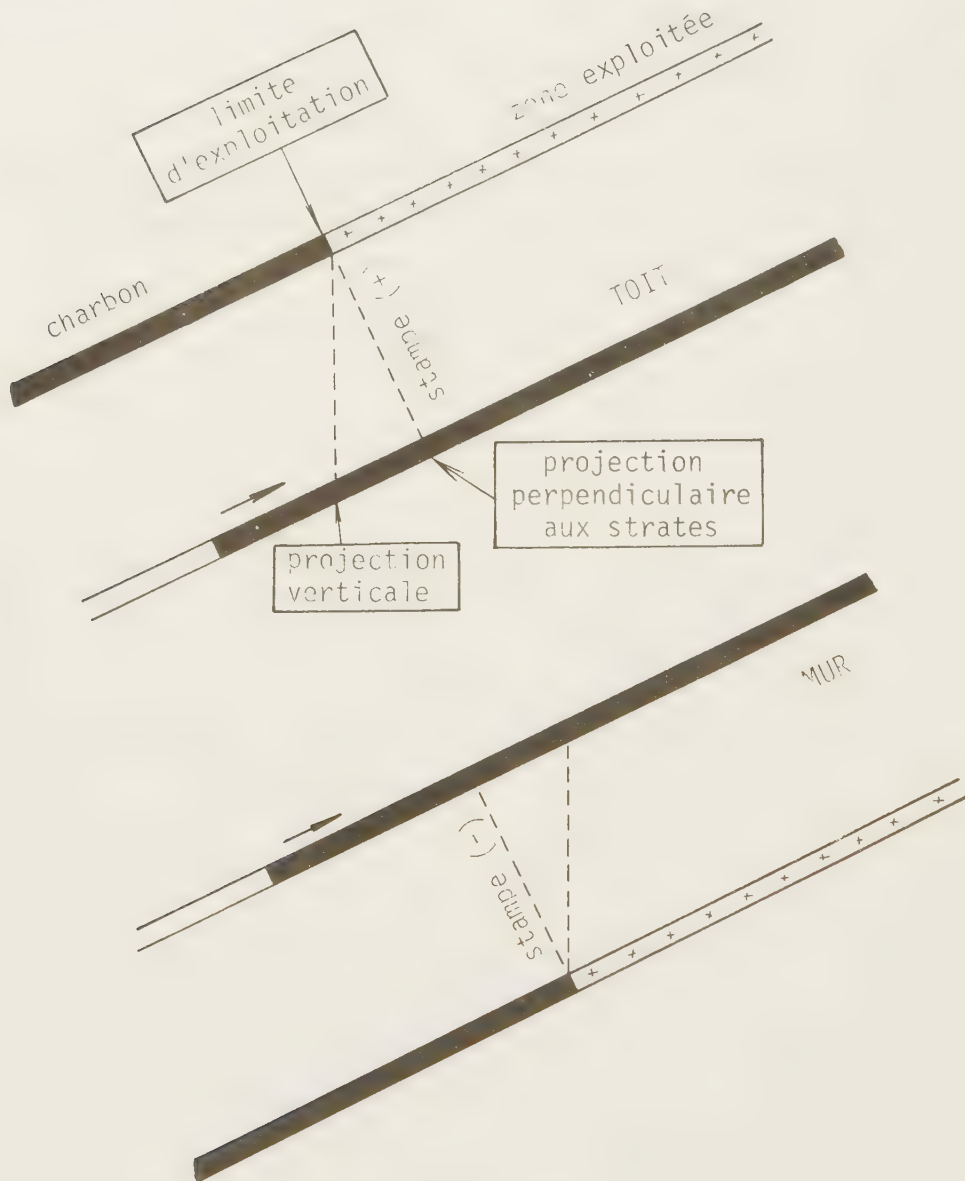


o La galerie au toit de l'exploitation en zone 3

Au-dessus du charbon exploité se produit *une détente* des terrains qui se manifeste par un *affaissement* global de la galerie semblable à la cuvette d'affaissement produite en surface par une exploitation souterraine. Comme nous l'avons vu, l'affaissement maximum de cette cuvette dépend : de l'ouverture de l'exploitation, du mode de traitement de l'arrière-taille et de la profondeur.

FIG 40

PROJECTIONS VERTICALE ET PERPENDICULAIRE
AUX BANCS D'UNE LIMITE D'EXPLOITATION



1.2 - DEFORMATION DES GALERIES SOUS L'INFLUENCE D'UNE EXPLOITATION EN SEMI-DRESSANTS

Une expérimentation semblable a pu être réalisée pour montrer l'influence d'une exploitation en semi-dressants, avec remblayage hydraulique dans l'arrière-taille, sur le comportement d'une galerie sous ou sus-jacente. Les résultats confirment les études précédentes.

Dans le cas des plateures, la projection verticale et perpendiculaire d'une limite d'exploitation sous ou sus-jacente sont confondues. En semi-dressants, nous distinguerons les deux traces comme l'indique la *figure 40*. La "*Stampé*", distance entre les deux ouvrages en interaction sera comptée perpendiculairement aux strates, elle sera positive dans le cas d'une exploitation qui se situe au toit de la taille influencée et négative si elle se trouve au mur.

Nous allons distinguer le cas d'une galerie (travers-bancs ou bowette) au mur et du cas de la galerie située au toit d'une taille de semi-dressants.

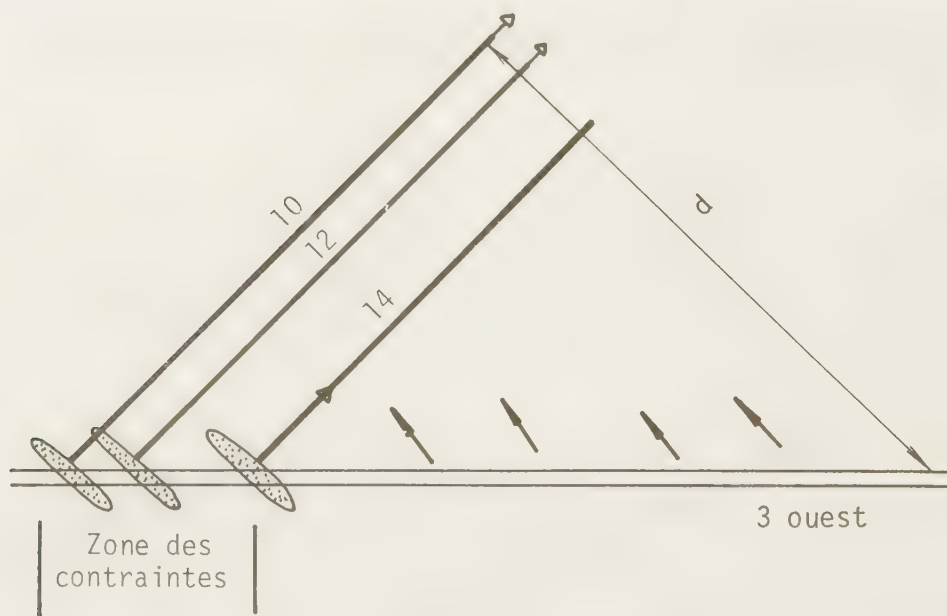
o La galerie au mur de l'exploitation en zone 2

La montée d'une galerie située au mur d'une taille en semi-dressants a pu être étudié dans deux cas :

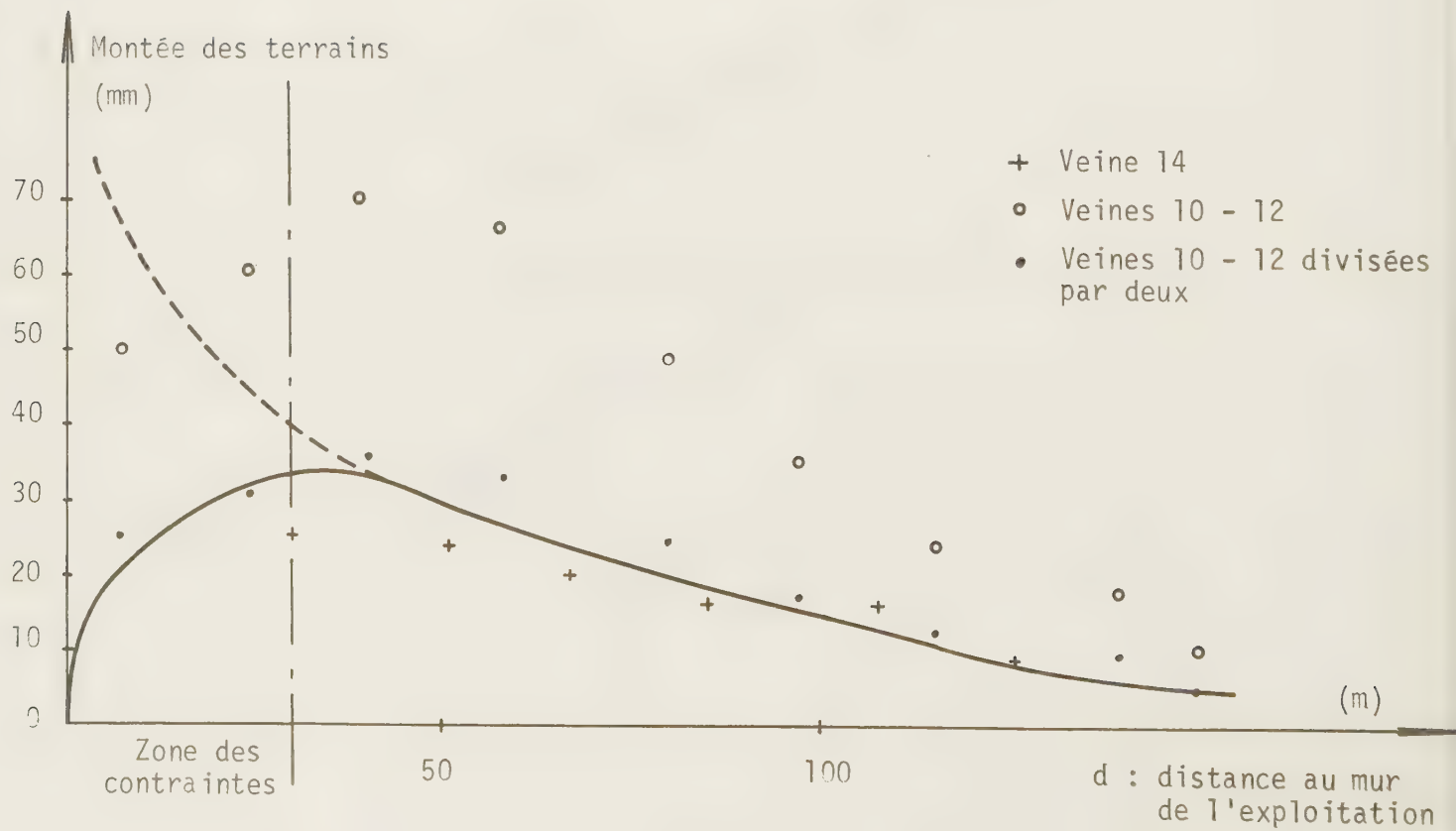
- dans le premier travers-bancs, EST à 680 du siège Simon des H.B.L. influencé par la veine 10 sus-jacente. Cette veine a une ouverture moyenne de 2 m et un pendage de 30°.

FIG 41

MONTEE D'UNE GALERIE SOUS L'INFLUENCE DES EXPLOITATIONS SUS JACENTES



SIEGE WARNDT



- dans le travers-bancs 3 Ouest du siège Warndt en Allemagne (prolongation du gisement des H.B.L.) influencé par les tailles 10, 12 et 14. Ces trois veines ont la même ouverture moyenne 1,50 m et un pendage de 40° {17}. Les tailles 10 et 12 avancent en même temps ce qui ne permet pas de dissocier l'influence de chacune d'elles sur le comportement de la galerie.

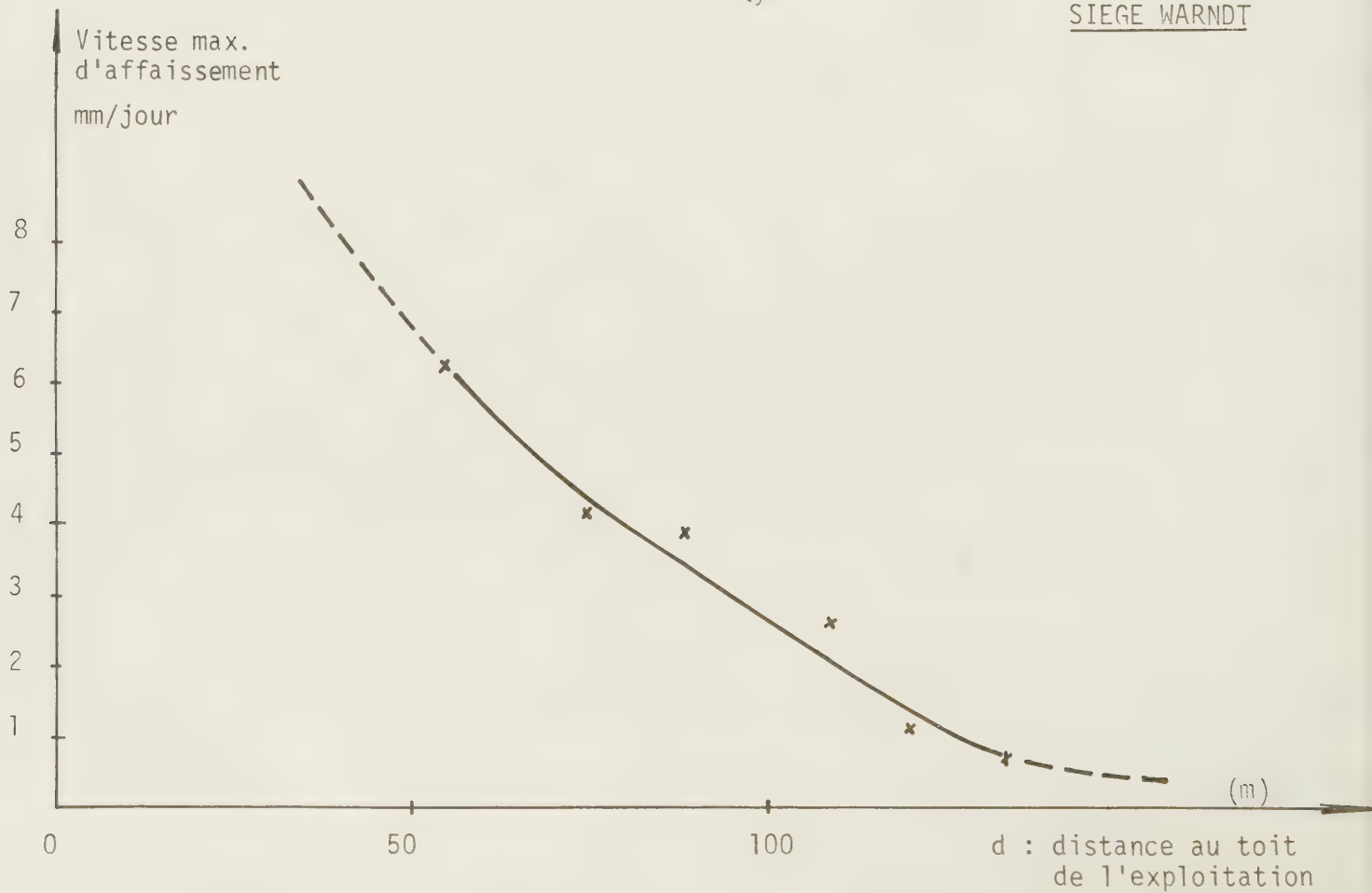
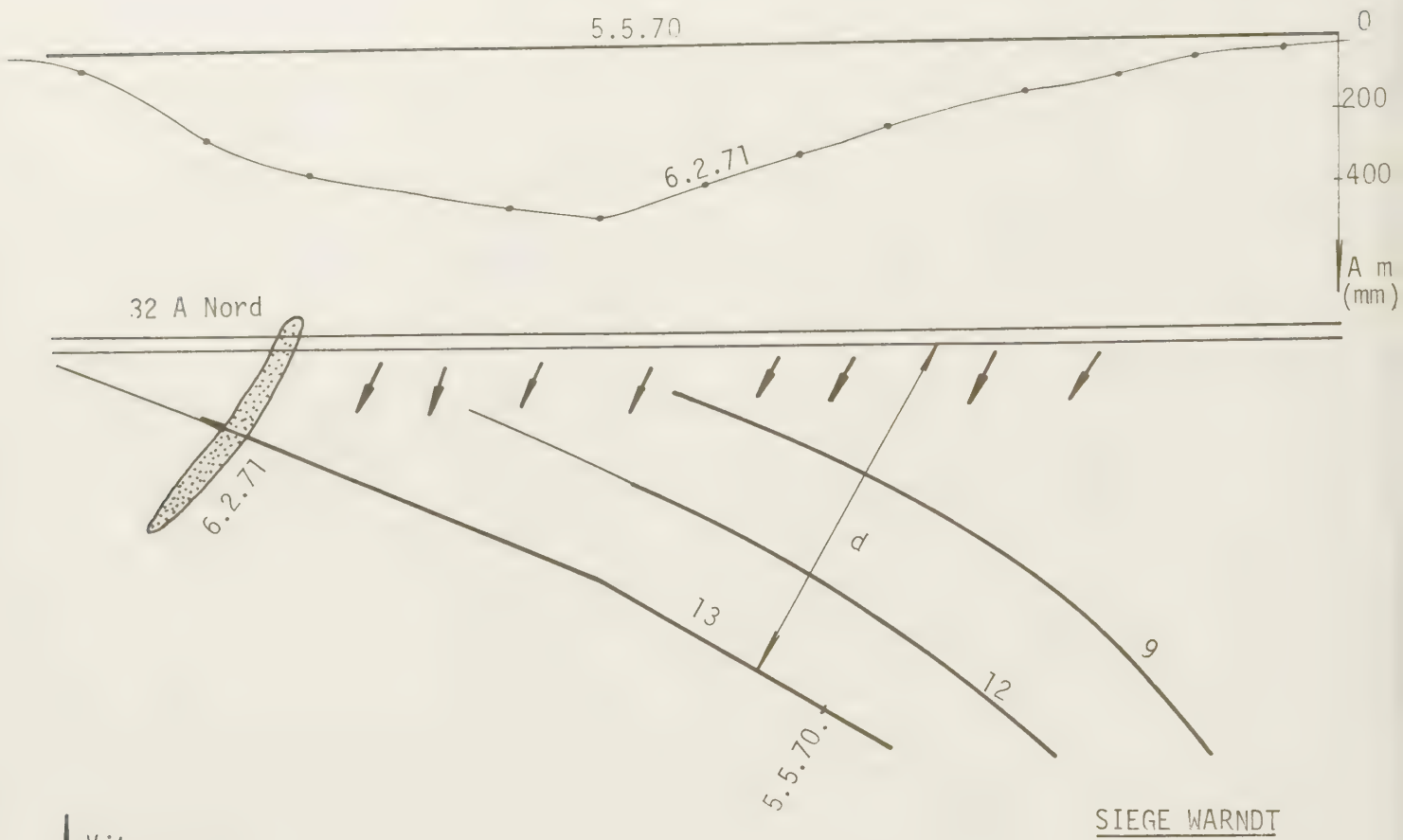
La montée de la galerie en fonction de la distance perpendiculaire qui sépare les veines 10, 12 et 14 est présentée par la *figure 41*. Nous constatons que la montée de la galerie sous l'influence combinée des veines 10 et 12 est double de celle produite par la veine 14. Ceci confirme *l'importance de l'ouverture sur la montée des terrains* sous-jacents à une zone exploitée.

Cette expérimentation met également en évidence *l'effet limite* d'exploitation lié à la zone de contraintes qui se développe au voisinage du bord de démarrage des tailles 10, 12 et 14. Dans cette zone correspondant aux trois dernières stations, la convergence due à ces contraintes masque la montée des terrains.

Si nous reportons sur *la figure 39* la montée des terrains, exprimée en % de l'ouverture exploitée, en fonction de la distance qui sépare la galerie des exploitations, nous constatons que l'ensemble des points relatifs aux deux cas précédents encadrent bien la courbe établie dans le cas des exploitations en plateaux ; *l'influence de la distance* est confirmée. Les mouvements sont appréciables jusqu'à 120-150 m environ au-dessous de la couche : pour une ouverture de 2 m, la montée des terrains à 100 m de distance est environ 2 mm soit 1 % de l'ouverture de la couche exploitée.

FIG 42

AFFAISSEMENT D'UNE GALERIE SOUS L'INFLUENCE D'UNE EXPLOITATION SOUS JACENTE



o La galerie au toit de l'exploitation en zone 3

Nous citerons une expérimentation réalisée dans le travers-bancs 32 A Nord du Siège Warndt en Allemagne {17} qui s'affaisse sous l'influence de la veine 13 sous-jacente. La veine 13 pentée de 22° a une ouverture de 1,75 m. En fin d'exploitation de la veine 13, l'affaissement maximal observé est 480 mm soit 27 % de l'ouverture de la couche exploitée (*figure 42*).

La vitesse d'affaissement de la galerie mesure l'intensité du processus de déformation. En chaque point, cette vitesse est maximum lorsque le front de taille se trouve sur la perpendiculaire aux épontes passant par la station de mesure. L'étude de la vitesse maximale d'affaissement (exprimée en mm/jour) des différents points de la galerie en fonction de la distance qui la sépare de l'exploitation montre que cette vitesse augmente lorsque la stampe diminue. Pour une distance galerie-exploitation de 130 m, la vitesse n'est que 0,5 mm/jour contre 7 mm/jour pour une distance de 50 m.

1.3 - INTERACTION DES TAILLES EN PLATEURE

L'effet limite d'exploitation est bien connu dans les tailles en plateure. L'effet détente n'a pas été étudié systématiquement.

Le découpage des panneaux est délimité par différents facteurs dont les failles jouent un rôle principal. Cependant, les tailles sont perturbées par des limites d'exploitation sous ou sus-jacentes.

L'étude de l'effet limite d'une exploitation dans les tailles en plateure a montré que :

- plus de 50 % des éboulements sont liés au franchissement d'une limite d'exploitation située à moins de 25 m au toit de la taille {18}.
- une limite d'exploitation située à 70 m au toit perturbe l'avancement de la taille et augmente notamment :
 - . l'importance et la dispersion des mouvements des épontes {19}
 - . la fracturation du toit {19}
 - . l'importance et la fréquence des chutes {20}

1.4 - MESURES DE DEGAGEMENT DU GRISOU

Le dégagement du grisou étant influencé par la présence des exploitations, on peut appréhender le volume d'influence d'une exploitation par des mesures de dégagement du grisou.

Le charbon constitue le principal réservoir de grisou des terrains houillers. Ce réservoir, comme un milieu poreux, contient du grisou *en phase gazeuse* dans les espaces libres et *en phase absorbée* dans la matière homogène.

Dans les terrains vierges, le charbon est sous contrainte et fort peu perméable, les deux phases sont en équilibre. Lorsque les terrains se détendent, les contraintes se modifient (diminuent) et les fissures et pores du charbon s'ouvrent ; l'équilibre initial se rompt et la désorption du gaz commence.

On appelle *zone de détente* la zone de dégazage du grisou et on la délimite par le coefficient de dégazage des terrains (i).

$$(i) = \frac{C_v - C_r}{C_v}$$

C_v = concentration en gaz de la couche avant influence

C_r = concentration en gaz résiduelle, après influence.

Nous donnons ci-dessous les résultats des mesures réalisées par sondages, en taille ou lors du creusement des voies et des montages par le CERCHAR et les bassins houillers.

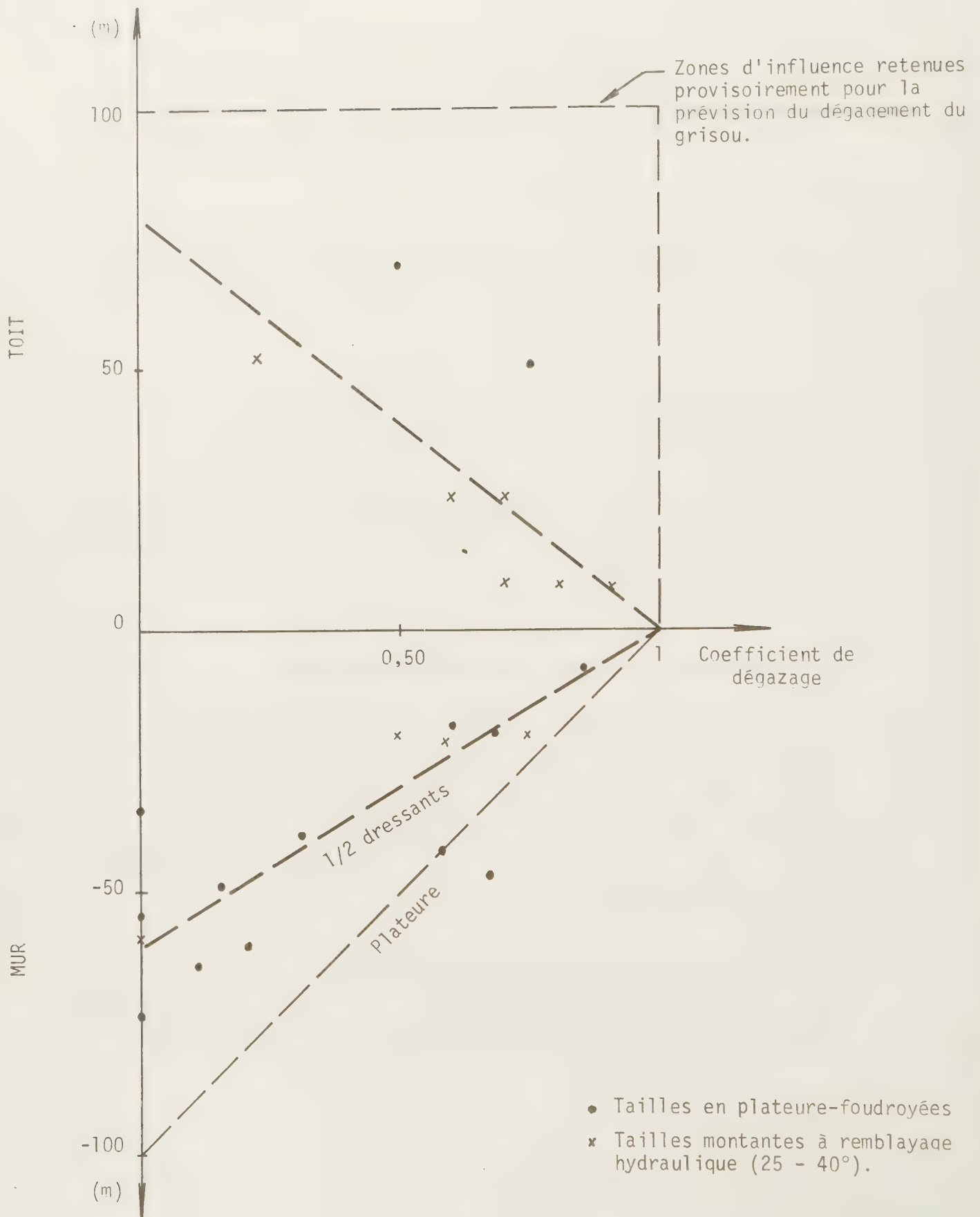
o Dégagement du grisou dans les tailles en plateures

La zone de détente s'étend latéralement de 10 à 20 m des limites du chantier, au niveau de celui-ci, de chaque côté et en avant du front. Cette zone se resserre en profondeur pour se fermer finalement à 80 - 100 m dans le mur de l'exploitation. La zone de détente atteint ses dimensions maximales entre 15 et 20 m derrière le front de la taille {21}.

On conçoit deux phénomènes : une fissuration des terrains au mur immédiat de l'exploitation (10 à 20 m) et une modification des contraintes des terrains (20 à 100 m) ce qui entraîne le dégazage.

FIG 43

COEFFICIENTS DE DÉGAZAGE



o Dégagement du grisou dans les tailles en semi-dressants

On a cherché à définir le coefficient de dégazage des veines et satellites situés au toit et au mur des couches exploitées par tailles montantes (25-40°) à remblayage hydraulique et une ouverture $W = 2$ à 3,2 m.

Les résultats sont présentés par la *figure 43* qui montre les coefficients de dégazage à différentes distances par rapport au toit et au mur d'une exploitation {22}. Dans ce graphique nous avons reporté les points des tailles en plateure.

Nous constatons que les *zones d'influence* retenus provisoirement pour la prévision du dégagement du grisou s'étendent à 100 m au moins au toit et au mur d'une exploitation en plateure et 80 m au moins au toit et 60 m au mur d'une taille en semi-dressants.

- CONCLUSION DU CHAPITRE I -

Les effets engendrés par une exploitation sont des *mouvements* ou des *variations des contraintes*. Ces derniers se traduisent par des déplacements d'ensemble ou des *déformations* qui peuvent engendrer les *dégradations* dans les galeries et les tailles qui sont influencées.

On appelle *effet limite* les déformations et les dégradations qui sont liées à l'accroissement des contraintes au voisinage d'une limite d'exploitation.

On appelle *effet détente* le déplacement d'ensemble des terrains sous l'influence du vide créé par une exploitation. La montée des terrains au-dessous du vide est liée à l'ouverture de la taille. Par contre, l'affaissement maximum produit au-dessus du vide est lié à l'ouverture et au traitement de l'arrière-taille.

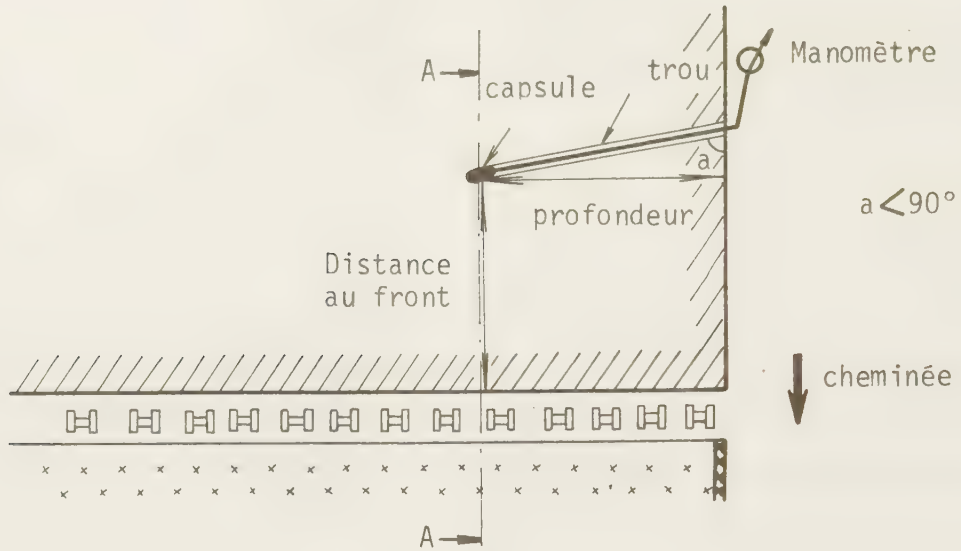
Les effets de limite et de détente décroissent avec la stampe et dépendent de la nature des terrains (1). Ceci rendra délicate la délimitation par la suite du volume d'influence d'une exploitation à l'intérieur duquel des phénomènes gênent ou au contraire facilitent les exploitations de manière sensible.

(1) *Par exemple : l'amplitude des convergences finales mesurées dans une galerie influencée par une taille sus-jacente (20-30 m) dépend des terrains.*

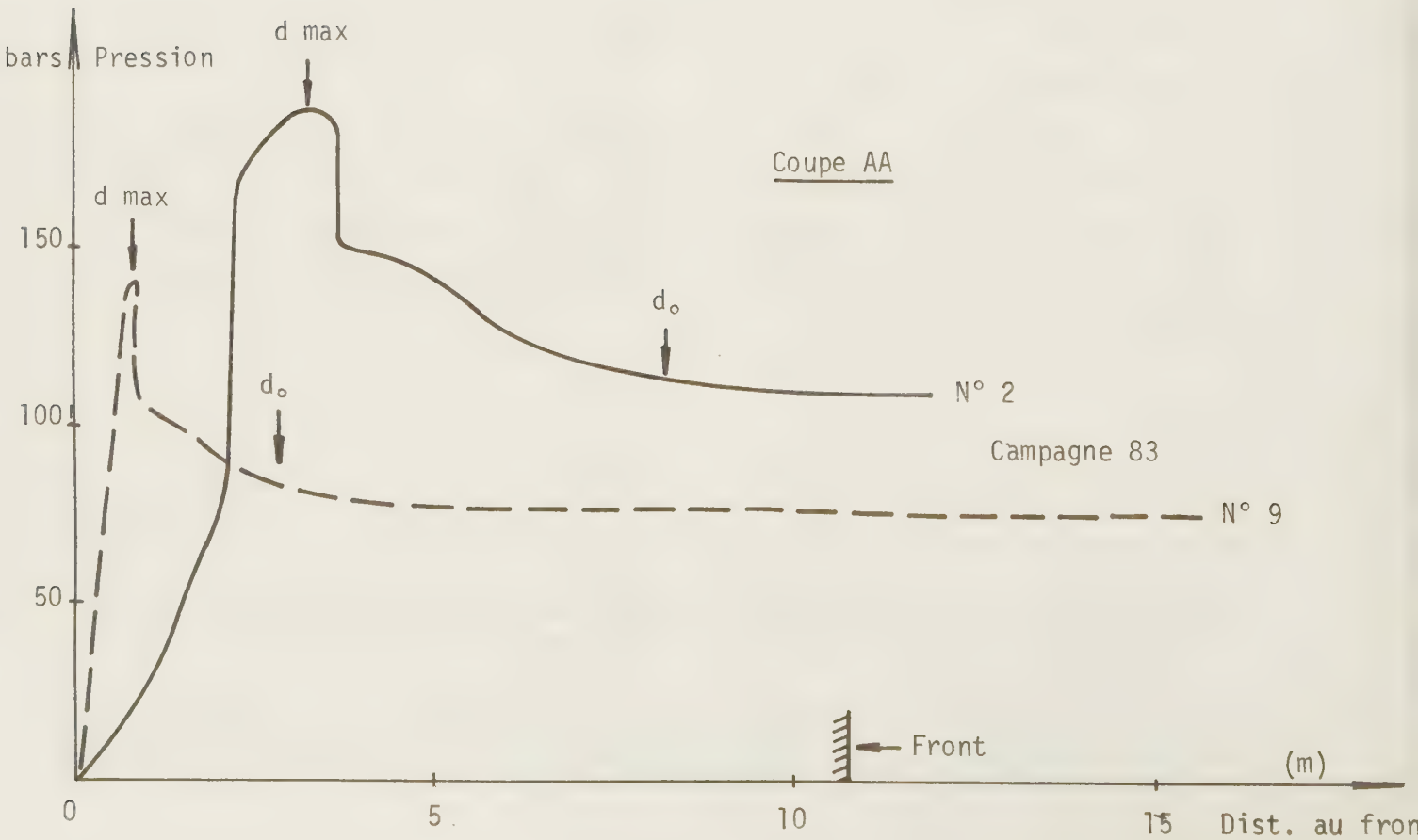
Dans des terrains de schistes tendres très feuilletés, les convergences ont atteint 1400 m. Par contre, dans des schistes gréseux en bancs épais, les convergences n'ont pas dépassé 30 mm {16}.

FIG 44

- a - SCHEMA DE POSE D'UNE CAPSULE PRESSIOMETRIQUE



- b - EVOLUTION DES PRESSIONS DANS LES CAPSULES PRESSIOMETRIQUES



- CHAPITRE II -

MODIFICATION DES CONTRAINTES AU VOISINAGE D'UNE TAILLE EN SEMI-DRESSANTS

Une taille va traverser les terrains perturbés par une exploitation antérieure et nous allons distinguer les mêmes zones que pour une galerie (*figure 36*).

- zone 0 : terrains non influencés
- zone 1 : terrains sous l'influence d'une limite d'exploitation
- zones 2 et 3 : terrains détendus.

Lors de la progression de la taille étudiée, se déplace en avant de son front, une zone où les contraintes perpendiculaires aux bancs sont maximales (*culée de contrainte ou zone de contrainte ou culée frontale*). Nous allons d'abord mettre en évidence la modification de cette culée selon la zone dans laquelle se trouve la taille. Nous verrons ensuite que la position de la taille se traduit également par des modifications des contraintes dans le remblai. Enfin, nous présenterons les conséquences sur le comportement de la taille elle-même.

2.1 - MODIFICATION DES CONTRAINTES EN AVANT DU FRONT DANS LE CHARBON

La progression d'une longue taille crée un accroissement des contraintes en avant du front. L'existence de cette "culée frontale" peut être mise en évidence par des mesures pressiométriques et des mesures d'expansion dans le charbon en place.

Campagne	N° des capsules	Exploitation (1) sus-jacente(+m) sous-jacente(-m)	Distance au front (m)	Profondeur (m)	inclinaison	do (m)	dmax (m)	stabilisation (bars)	REMARQUES
82	1		18,50	13	-	4,5	0,9	110	Regonflée-zone délavée " " " Changement de manométrie " " "
	2	+135	21	11,50	-	5	2,7	110	
	3		31	8	-	7	3,2	-	
	4	+145	34	12	-	6	3	90	
	5		9,50	10,50	81°	3,5	1	105	
	6		12,50	9	83°	1	0,4	85	
	7		17,50	-	-	-	-	-	
	8	+ 65	19,50	10,50	83°	1,5	0,7	100	
	9		22	12	84°	2,7	1	105	
	10		25,50	13	84°	3	1,8	120	
	11	+ 30	30	13	87°	3,2	0,6	85	
83	1		8	12,50	85°	6,80	2,4	110	Pas de maximum " " "
	2	+100	10	14	87°	8,30	3,2	105	
	3		12	10	82°	6,60	2,6	78	
	4	- 60	13,50	10	80°	3,50	3	62	
	5		15,50	12	82°	5	2,3	80	
	6	+100	19	12,50	83°	4,60	1,2	110	
	7	- 60	20,50	13	87°	0	0	65	
	8		26	11,50	87°	0	0	60	
	9		43	14,50	85°	2,80	0,8	80	
	10	- 60	46	14	87°	2,80	1,9	80	
85	1		33,50	19	81°	6,70	-	65	Détruite par le tir
	2		37	19	80°	-	-	75	" " " "
	3	- 20	25,50	18,50	83°	4,30	1,1	72	Regonflée
	4		27	19	83°	6,20	0,6	75	
93	1		20	20	-	6,50	3	95	

(1) Exploitation la plus proche.

TABLEAU 11 : CARACTERISTIQUES DES CAPSULES

2.1.1 - Mesures pressiométriques

La modification des contraintes mesurées dans le charbon en avant du front a été étudiée à l'aide de capsules pressiométriques.

Ces capsules sont posées dans le charbon de la veine, à partir des cheminées, dans une zone non encore perturbée par l'approche du front de taille. On a pu vérifier que la pression interne d'une capsule est liée aux variations de pression qui s'exercent sur ses parois. Le corps de la capsule se présente sous la forme d'un tube métallique aplati, soudé à ses extrémités et relié par une canalisation à un manomètre ; il est enrobé d'une résine norsodyne dont les caractéristiques mécaniques sont voisines de celles du charbon. L'huile contenue dans la capsule est ensuite mise en pression à l'aide d'une pompe. La capsule se dilate provoquant la rupture de l'enrobage qui vient ainsi en contact avec la paroi du trou.

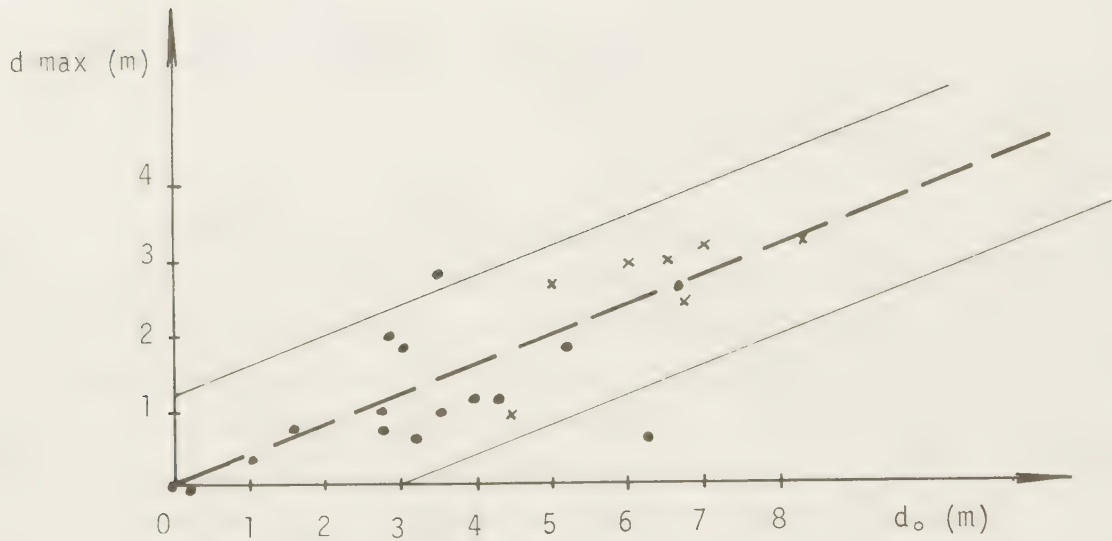
Le schéma de pose d'une capsule est présenté sur la *figure 44a*. L'évolution de la pression interne d'une capsule (*figure 44b*) montre un accroissement des contraintes et l'existence en avant du front un $\max$ se trouvant près de celui-ci. Dans le cas de tailles en semi-dressants, le phénomène est donc identique à celui déjà rencontré en plateaux : stabilisation de la pression après la pose de la capsule, puis montée en pression à une distance du front (d_0) jusqu'à un maximum près du front ($d_{\max}$). Enfin, la chute de pression se produit dans le charbon fissuré et déconsolidé.

Nous avons posé 26 capsules dont les caractéristiques de pose sont présentées par le *tableau 11*.

FIG 45

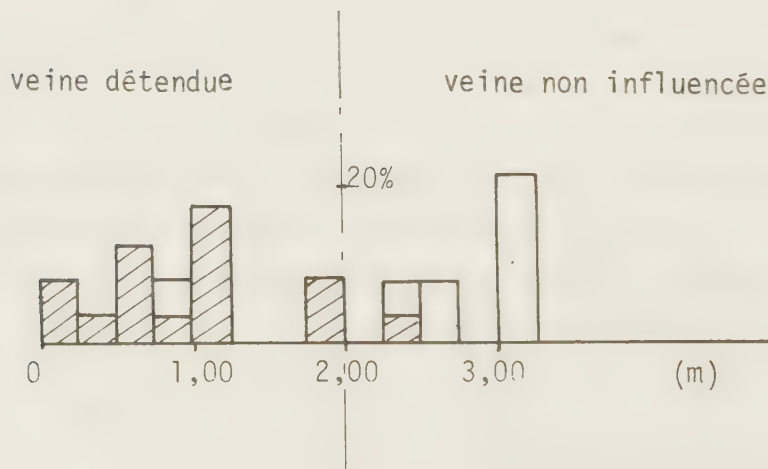
- a -

LIAISON ENTRE LES DISTANCES d_0 ET d_{max} DES CAPSULES PRESSIOMETRIQUES



- b -

HISTOGRAMME DES d_{max}



- x Veine non influencée
- Veine détendue

. Les capsules ont été posées dans des veines non influencées (sans autre exploitation jusqu'à 100 m au toit et au mur) et des veines détendues par des exploitations (entre 30 à 60 m au toit et de 20 à 85 m au mur de la veine).

. La distance par rapport au front de la taille lors de la pose est comprise entre 8 et 46 m.

. La profondeur du trou foré dans le charbon varie de 8,5 à 20 m.

. Les capsules sont légèrement inclinées (80 à 87°) vers le front de taille afin d'éviter la détérioration du tube de transmission par la haveuse avant la récupération de la capsule.

RESULTATS

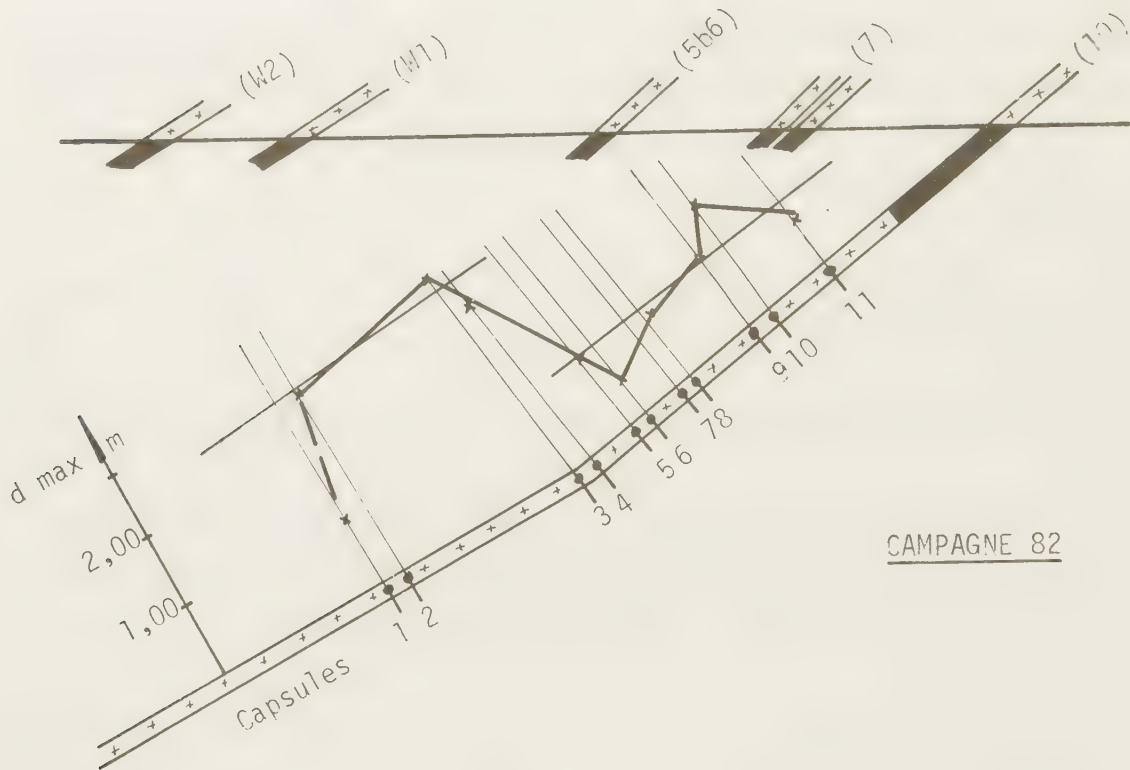
L'onde de pression précédant une longue taille en semi-dressants remblayée se fait sentir à plus faible distance du front que dans une taille en plateure foudroyée. Les paramètres d_o et d_{max} (distances de la première montée et du maximum de pression par rapport au front) qui caractérisent cette onde de pression sont liées par l'équation : $d_{max} = 0,4 d_o$ (12) avec un coefficient de regression hautement significatif ($r = 0,80$). Cette liaison montre que lorsque la première montée de pression (dans la capsule) s'effectue loin du front, nous constatons que le maximum de pression est éloigné du front et inversement (*figure 45a*).

La répartition des distances d_{max} fait distinguer deux familles :

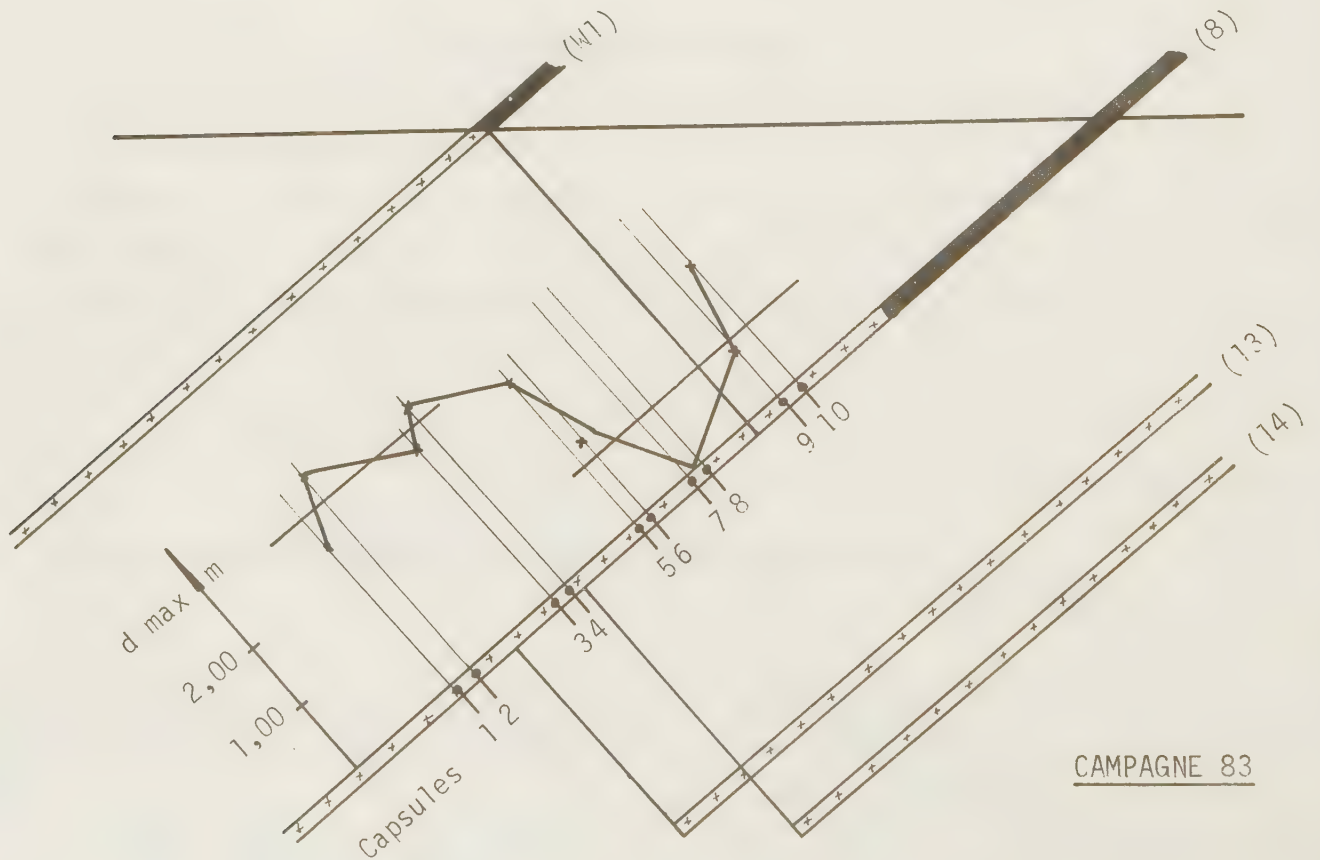
- des distances faibles correspondant à des capsules posées dans des terrains détendus par d'autres exploitations situées dans les 60 m au toit et au mur.

FIG 46

INFLUENCE DE LA DETENTE DES TERRAINS SUR LES CAPSULES PRESSIOMETRIQUES



CAMPAGNE 82



CAMPAGNE 83

- des distances plus fortes correspondant à des capsules posées dans des terrains non influencés par d'autres exploitations dans les 60 m au toit et au mur.

Nous avons pu préciser ce phénomène dans deux cas expérimentaux, où dans une même taille les conditions sous ou sus-jacentes varient (*figure 46*).

En veine 10 les capsules 1 à 4 posées dans des terrains non influencés ont un ($d_{\max}$) moyen égal à 3 m. Par contre, les capsules 5 à 11 posées dans des terrains détendus au toit par les veines 5b6 et 7, ont un maximum moyen très près du front : $d_{\max} = 1 \text{ m}$.⁽¹⁾

La veine 8 présente aussi deux familles : les capsules 1 et 2⁽²⁾ posées dans des terrains non influencés avec un $d_{\max}$ moyen de 3 m et les capsules 5 à 10 posées dans des terrains détendus au mur avec un $d_{\max}$ moyen de 1 m⁽¹⁾.

Nous pouvons avancer l'explication suivante :

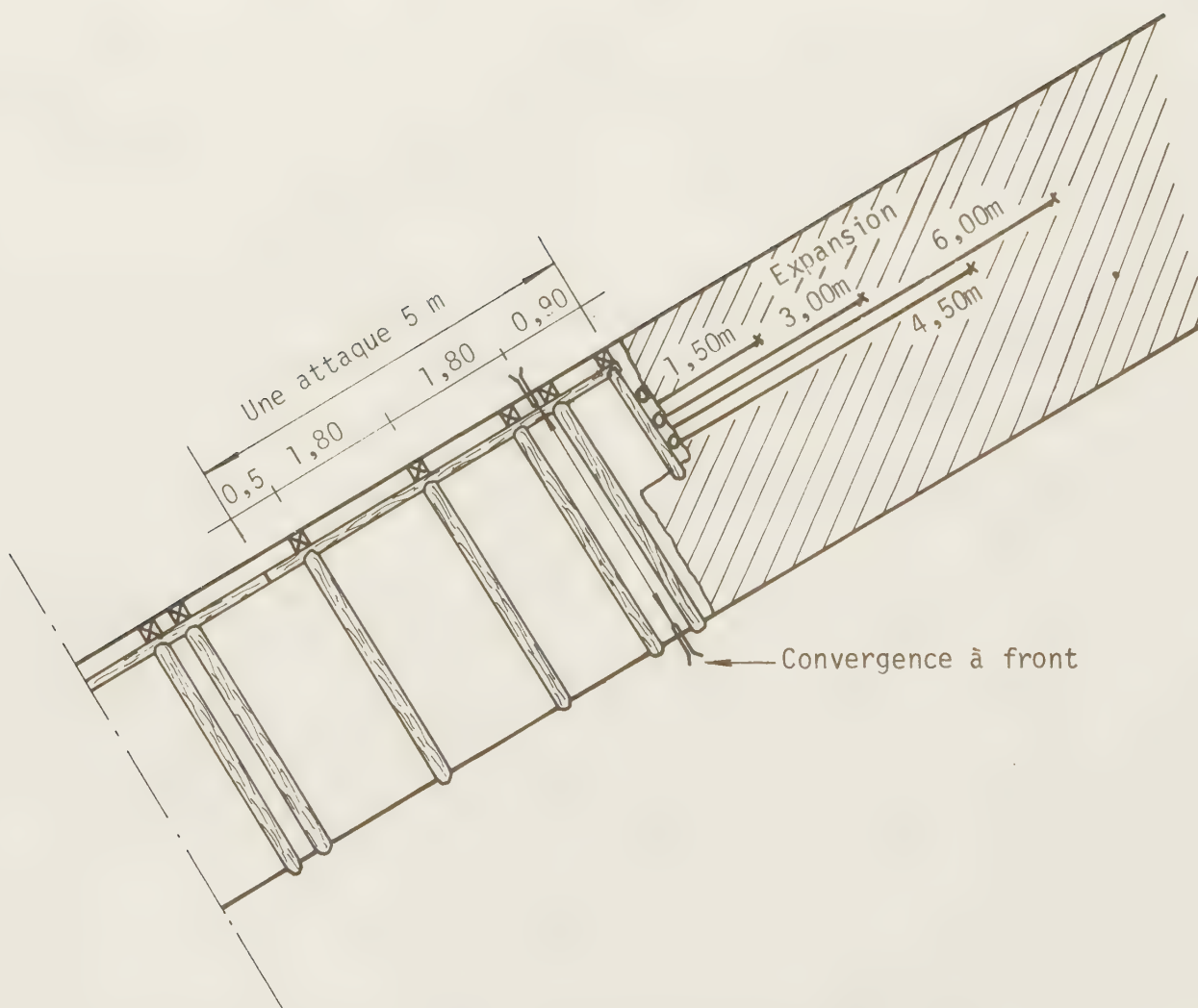
Dans une veine non influencée, les capsules pressiométriques sont posées dans un massif qui a une contrainte initiale plus forte que dans le cas d'une veine détendue par une autre exploitation. Ceci d'ailleurs a été mesuré par CHUDEK et OLASZOWSKI {23} qui montrent que les pressions dans une zone non détendue sont 1,5 fois supérieures aux pressions dans une zone détendue par une exploitation sous-jacente à 40 m.

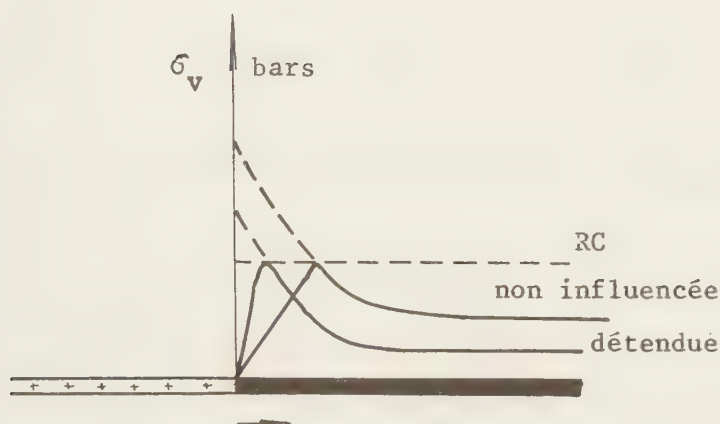
(1) Ceci coïncide avec une diminution des mouvements en taille comme nous le verrons dans le chapitre III.

(2) Les capsules 3 et 4 se trouvent dans une zone transitoire.

FIG 47

SCHEMA D'UNE STATION DE MESURE





Lorsque les contraintes dépassent la résistance à la rupture (R_c) du charbon, elles chutent. Ceci va s'effectuer plus loin du front dans le cas de la veine non influencée, parce que la contrainte initiale est plus proche de (R_c), que dans le cas de la veine détendue.

2.1.2 - Mesures d'expansion du charbon

Les mesures d'expansion dans le charbon vont compléter le comportement de celui-ci en avant du front et définir la zone déconsolidée mise en évidence par les mesures pressiométriques.

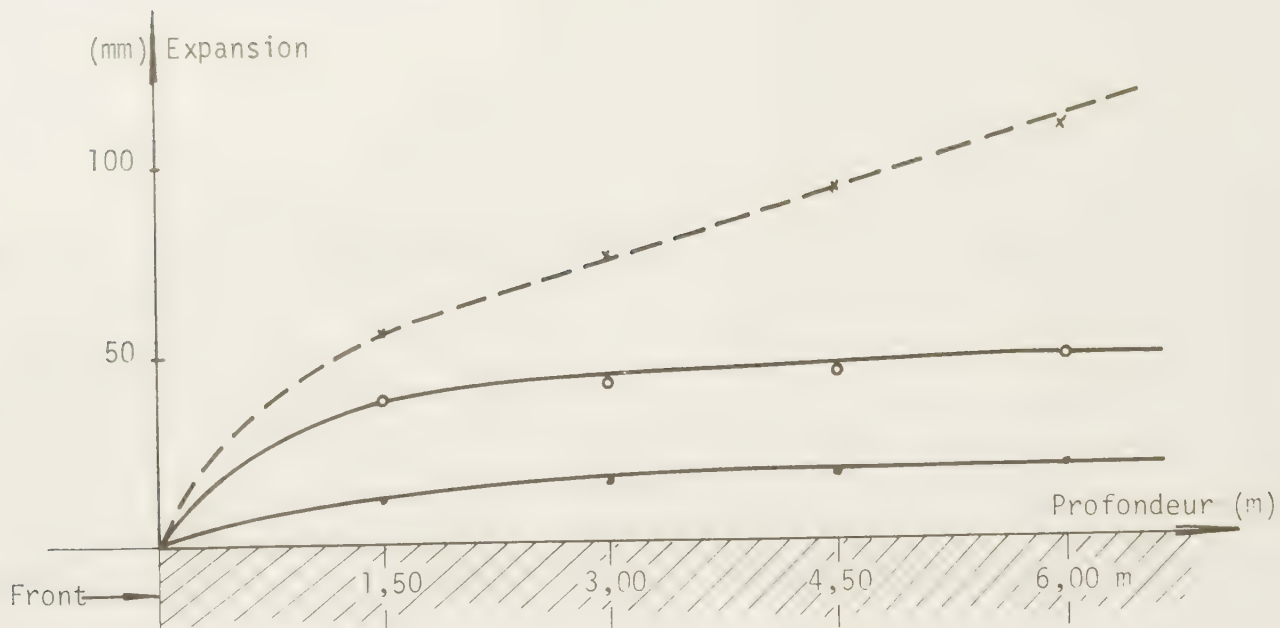
L'expansion de la couche du charbon, mesurée en taille, est une mesure relativement simple dont la réalisation est très problématique dans une taille mécanisée à avancement rapide. Par contre, elle est possible dans une taille non mécanisée prise en *attaques multiples*, avec un faible avancement (5 m par semaine).

Les dispositifs de mesure, généralement implantés au début d'une attaque, ont des longueurs de 1,50 m, 3 m, 4,50 m et 6 m. Ils sont constitués par des broches, ancrés au fond de trous forés dans le charbon dont on mesure le déplacement par rapport au plan du front de la taille. La figure 47 présente le schéma d'une station de mesure où nous avons aussi mesuré la "convergence à front".

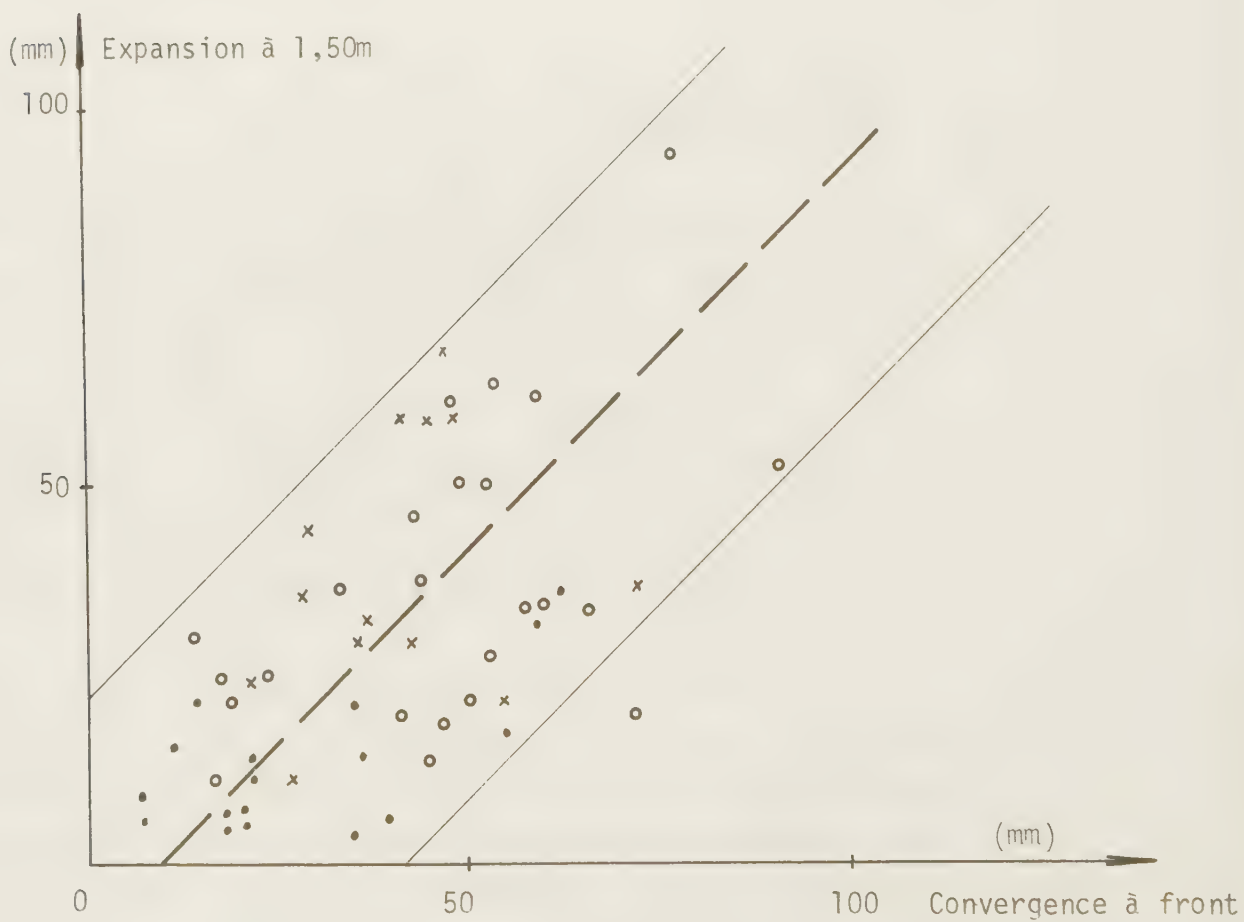
FIG 48

EVOLUTION DES EXPANSIONS DANS LE CHARBON
ET LIAISON AVEC LA CONVERGENCE A FRONT

- a -



- b -



- x veine non influencée
- veine détendue au toit
- veine détendue au toit et au mur

Au siège Wendel, nous avons ainsi étudié :

- une section non influencée
- une section détendue au toit (+ 37 m)
- une section détendue au toit (+ 37 m) et au mur (- 65 m)

La première section se situe en veine 21 et les deux autres dans la veine 5b6.

o Convergence à front

Cette convergence CVF mesurée entre deux avancements, soit pour 5 m d'avancement de la taille, décroît avec la détente des terrains. L'évolution du paramètre $K = \text{convergence à front} / \text{convergence géométrique} = \text{CVF} / \text{CVG}$ est la suivante :

$K = 0,60$ non influencée

$K = 0,36$ détendue au toit

$K = 0,24$ détendue au toit et au mur.

Ainsi, une première détente au toit a diminué les mouvements par rapport à l'état initial (non influencé). Une deuxième détente cette fois-ci au mur a pu diminuer encore les mouvements de la taille.

o Expansion

L'expansion du charbon est mesurée à plusieurs profondeurs du front : 1,50 m, 3 m, 4,50 m et 6 m.

L'évolution des expansions dans le massif confirme les résultats des convergences : les expansions à 1,50 m du front sont plus fortes en veine non influencée (55 mm) qu'en veine détendue au toit (37 mm) et en veine détendue au toit et au mur (12 mm) (*figure 48a*).

Nous constatons aussi que dans le cas de la veine non influencée, l'expansion se fait sentir plus profondément: à 1,50 m nous n'avons que 40 % de l'expansion à 6 m. Par contre, dans le cas de la veine détendue, l'expansion à 1,50 m représente 60 à 75 % de l'expansion à 6 m de profondeur.

o Liaison expansion-convergence à front

Nous avons représenté la convergence à front en fonction de l'expansion à 1,50 m. La liaison est hautement significative avec un coefficient de corrélation $r = 0,76$ (*figure 48b*).

$$\boxed{\text{EXP}_{1.50} = \text{CVF} - 10} \quad (13)$$

EN RESUME

Une veine non influencée présente des convergences à front et des expansions dans le charbon plus importantes qu'une veine détendue par d'autres exploitations.

L'expansion dans une veine non influencée reste importante jusqu'à 6 m de profondeur, par contre, dans une veine détendue, la plus grande partie de l'expansion se donne sur 1,50 m de profondeur à partir du front.

Ceci complète et confirme les résultats précédents : l'existence d'une culée de pression au voisinage du front dont l'origine (do) et le maximum (d max) sont plus éloignés du front dans le cas d'une veine non influencée que dans le cas d'une veine détendue.

FIG 49

COURBES DES CONTRAINTES PERPENDICULAIRES AUX BANCS (N1)

CAMPAGNE 84

N1 bars

45

40

35

30

25

20

15

10

5

ZONE
DE
TAILLE

ZONE
DE
TASSEMENT

ZONE

RESISTANTE

station 2

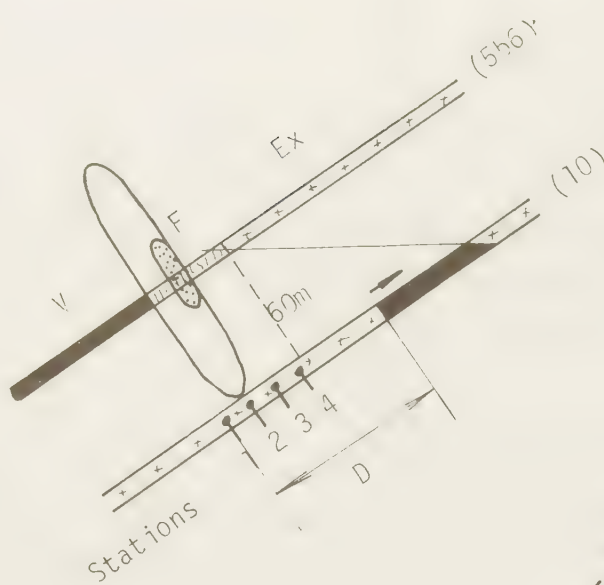
station 1

station 3

moyenne 3+4

station 4

moyenne 1+2



(m)

0 10 20 30 40 50 60 70 Dist. au front (D)

2.2 - MODIFICATION DES CONTRAINTES DANS LE REMBLAI

Les contraintes perpendiculaires aux bancs dans le remblai hydraulique se modifient elles aussi, sous l'influence des autres exploitations comme nous allons le voir par les exemples suivants :

o Diminution des contraintes dans l'arrière-taille sous l'influence d'une autre exploitation

En veine 10, campagne 84, on a posé 4 stations pour mesurer les contraintes perpendiculaires aux bancs dans le remblai de sable et étudier son comportement sous l'influence d'une exploitation sus-jacente : la veine 5b6 à 60 m au toit de la veine 10 (*figure 49*).

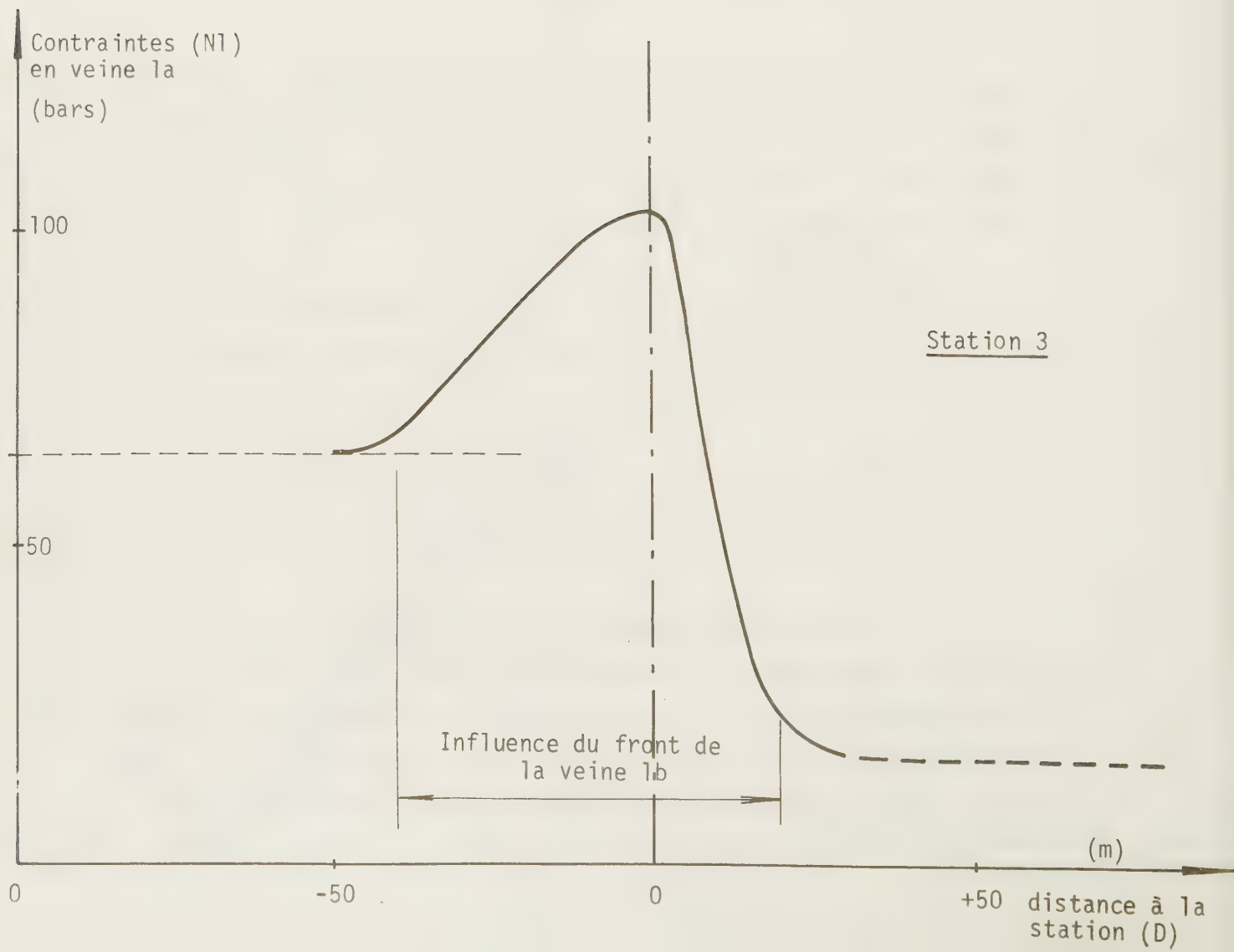
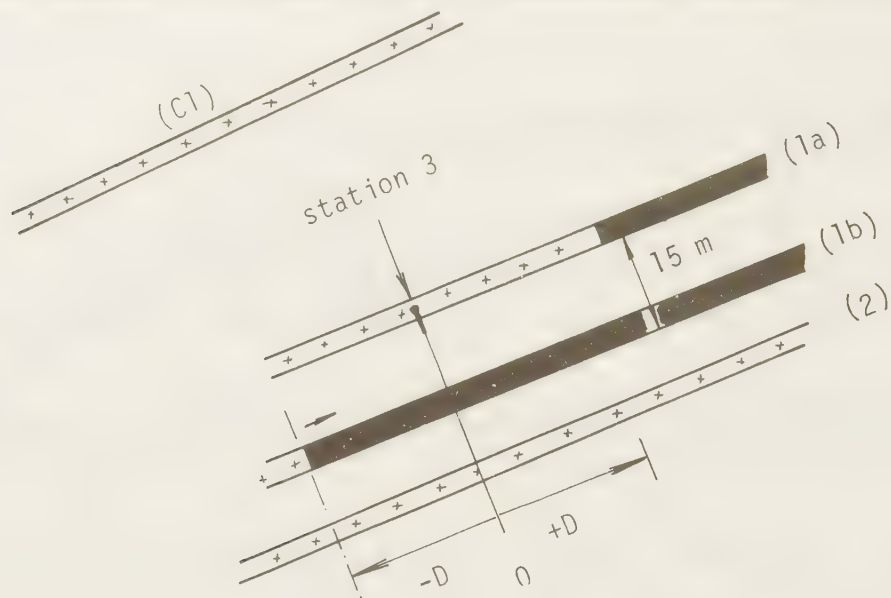
Les courbes des contraintes perpendiculaires aux bancs en fonction de la distance au front montrent que jusqu'à 20 m du front l'évolution des contraintes est presque identique pour les 4 stations, c'est alors la zone de tassement du remblai. Par contre, en zone résistante, nous pouvons distinguer deux familles :

- les stations n° 1 et n° 2 dont les contraintes montent rapidement avec une vitesse de 0,7 bars par mètre d'avancement atteignant 40 bars à 80 m du front.
- les stations n° 3 et n° 4 dont les contraintes montent lentement avec une vitesse de 0,3 bars par mètre d'avancement se stabilisant à 80 m du front à une pression faible 20 bars.

Le comportement différent des stations est à relier à la situation sus-jacente de la veine 10. En effet, les stations 1 et 2 sont posées sous la culée de contraintes qui se développe à la limite du charbon fissuré en veine 5b6. Par contre, les stations 3 et 4 sont posées sous le charbon fissuré de la veine 5b6 c'est-à-dire dans un terrain *détendu*.

FIG 50

INFLUENCE DU PASSAGE DU FRONT DE LA VEINE 1b SUR LES CONTRAINTES PERPENDICULAIRES AUX BANCs (N1) DANS LE REMBLAI DE LA VEINE 1a



o Mise en évidence de la culée frontale par les contraintes dans le remblai d'une taille sus-jacente

En veine 1a, (campagne 90) détendue au toit (+ 45 m) et au mur (- 20 m), nous avons placé la station n° 3 pour mesurer les contraintes dans le remblai qui subissent l'influence du front de la veine 1b à 15 m au mur de la veine 1a (*figure 50*).

L'évolution des contraintes perpendiculaires aux bancs (N1) mesurées par la station N° 3 de la veine 1a en fonction de l'approche du front (D) de la veine 1b, nous montre que :

- lorsque le front de la veine 1b se trouve à 50 m de la station, les contraintes sont stabilisées à 65 bars.
- à 40 m de la station, la culée frontale de la veine 1b fait accroître la pression qui atteint le maximum (plus de 100 bars) au passage sous la station.
- après le passage du front de la veine 1b, les contraintes chutent pour se stabiliser à 20 m à une pression inférieure à celle observée avant le passage du front de la veine 1b (15 bars).

Ceci montre que la zone de contraintes en avant du front d'une taille "*culée frontale*" peut influencer les contraintes dans le remblai d'une exploitation sus-jacente (+ 15 m) déjà détendue par d'autres exploitations. L'onde de pression de cette culée est ressentie à 40 m en avant du front et après son passage les pressions sont divisées par 4.

EN RESUME

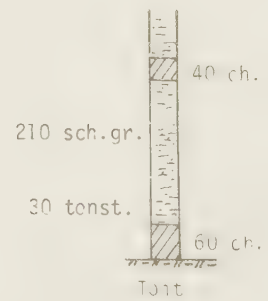
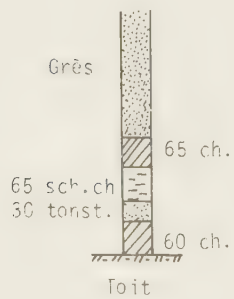
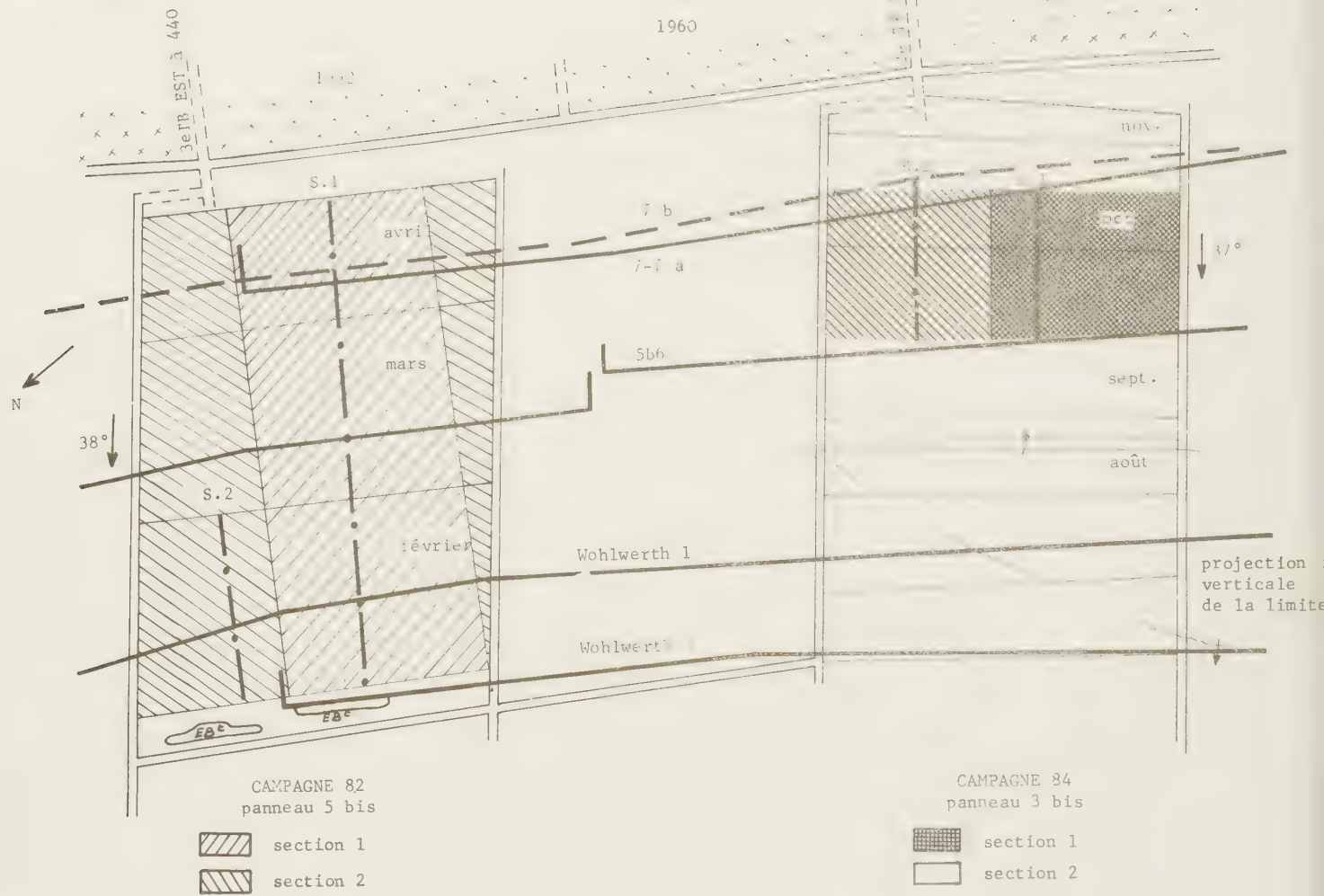
Les mesures pressiométriques dans le charbon et les mesures d'expansion ainsi que les contraintes dans le remblai ont montré l'existence d'une modification des contraintes sous l'influence des autres exploitations situées au toit ou au mur de la taille étudiée.

Les effets de limite et de détente mis en évidence par les études des galeries sont confirmés. Par la suite, nous allons voir la conséquence de ces modifications des contraintes sur le comportement de la taille elle-même.

FIG 51

SIEGE SIMON - CHAMP EST - VEINE 10

Echelle : 1/2000ème



- CHAPITRE III -

CONSEQUENCE DE LA MODIFICATION DES CONTRAINTES SUR LE COMPORTEMENT DE LA TAILLE INCLINEE

Nous avons étudié plusieurs cas que l'on groupe en deux catégories selon le caractère statique ou dynamique de l'interaction entre deux ou plusieurs exploitations. Nous dirons qu'il y a :

- interaction statique lorsqu'une taille traverse des terrains déjà perturbés par des exploitations antérieures. Nous avons pu voir deux cas : la veine 10 (campagnes 82 et 84) et la veine 8 (campagne 83).
- interaction dynamique lorsque deux ou plusieurs tailles progressent en même temps. C'est le cas de la veine Wohlwerth 1 (campagne 94).

Dans ce chapitre, nous allons étudier *les effets* induits par ces deux types d'interaction sur le comportement d'une taille en semi-dressants et préciser *la dimension du volume d'influence* d'une exploitation, c'est-à-dire l'espace dans lequel les différents effets sont appréciables.

3.1 - LA VEINE 10 INFLUENCEE PAR DES EXPLOITATIONS AU TOIT EN INTERACTION STATIQUE

La veine 10 au 1er TB Est à 680 subit les influences des exploitations sus-jacentes des veines exploitées à l'étage 440. Elle traverse successivement les projections perpendiculaires aux bancs des :

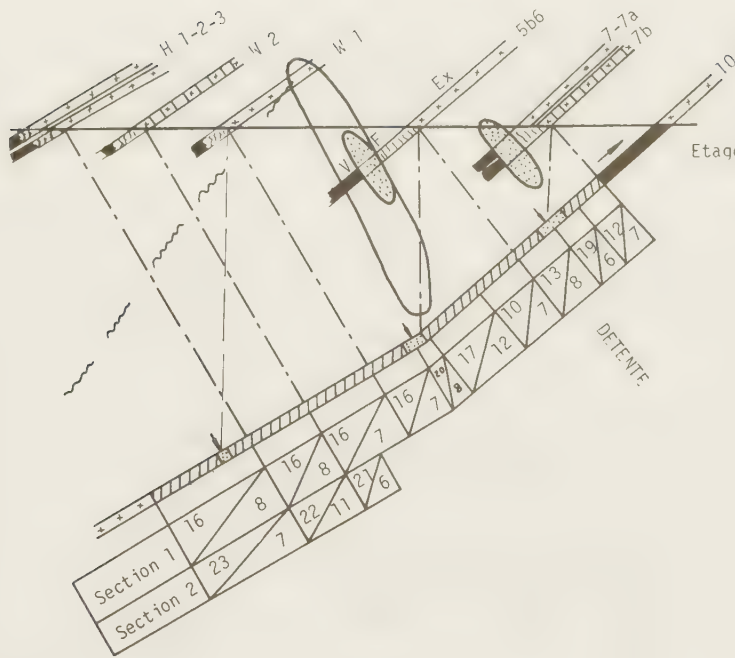
- | | | |
|------|--------------------------------------|---------------------------|
| (H) | veines Henri 1-2-3 à 150 m de stampe | |
| (W2) | veine Wohlwerth 2 à 135 m | (exploitations effectuées |
| (W1) | veine Wohlwerth 1 à 115 m | depuis plus de 10 ans). |

FIG 52

SIEGE SIMON - CHAMP EST - VEINE 10

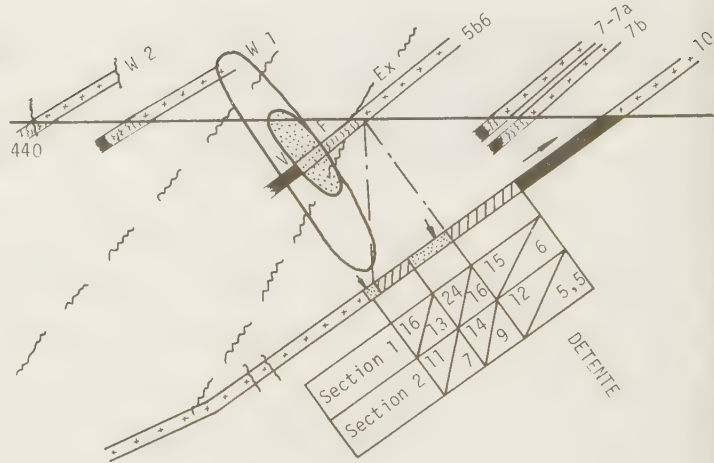
Coupe par le 3ème TB EST à 440

Panneau 5 bis



Coupe par le 2ème TB EST à 440

Panneau 3 bis



Echelle : 1/2000 ème

V charbon vierge (en place)

F charbon fissuré

Ex charbon exploité



Campagne de mesure



Convergences fortes



Convergences en allée 1 en mm

(5b6) veine 5b6 à 60-65 m

(7) veines 7-7a-7b à 25-30 m

Pour étudier les influences des exploitations sus-jacentes, nous avons suivi deux sections de mesure dans le panneau 5 bis et deux dans le panneau 3 bis de la veine 10. Les figures 51 et 52 présentent en plan et en coupe la position des panneaux étudiés par rapport aux exploitations sus-jacentes. Les figures montrent aussi que les deux panneaux diffèrent par la tectonique et la stratigraphie du toit.

Nous allons voir par la suite comment la présence de ces exploitations sus-jacentes va influencer le comportement de la veine 10 et notamment les mouvements des épontes et le délavage du front.

o Mouvements des épontes

La veine 10 traverse les projections perpendiculaires aux bancs des limites d'exploitation des veines : (H), (W2), (W1), (5b6) et (7) à différents stapes allant de 150 m à 25 m. Si nous isolons les parties de la veine 10 qui sont comprises entre les traces de ces projections successives, nous constatons que la section 1 du panneau 5 bis passe d'un massif sus-jacent vierge à un massif exploité par les différentes veines : (H), (W2), et (W1). En allée 1 les convergences sont identiques ⁽¹⁾ dans ces zones et égales à 16 mm. Une exception peut se faire à la projection verticale de la limite d'exploitation de la veine W1 où les convergences sont fortes pendant 7 avancements.

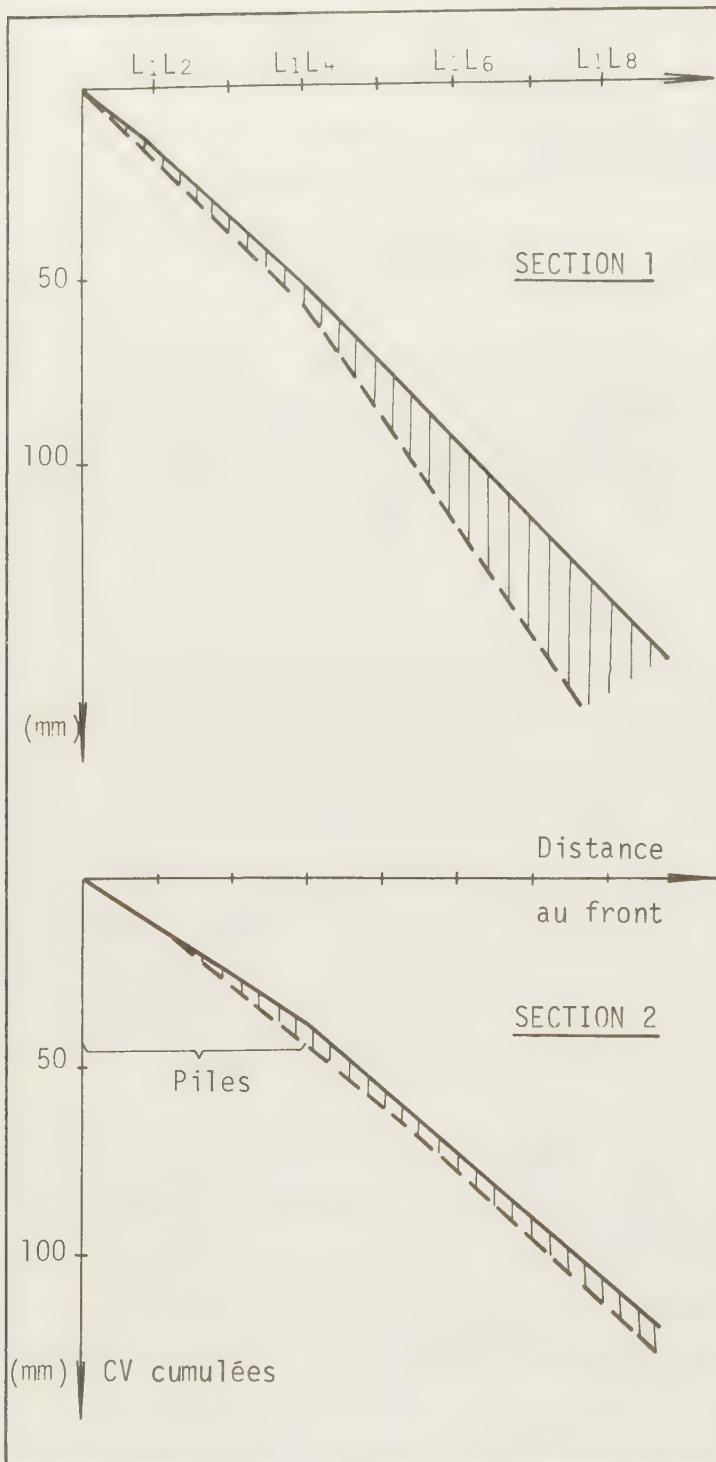
Le régime des convergences change lorsque l'on approche l'exploitation de la veine 5b6 et notamment à la projection verticale de la limite d'exploitation. A cet endroit, les convergences sont fortes sur 13 avancements : 20 mm en moyenne contre 16 mm auparavant. Ensuite, nous distinguons

(1) La section 2 du même panneau, plus courte, présente le même phénomène. Des convergences identiques sous le massif vierge et les veines (H) et (W2). Les convergences ont une valeur moyenne de 22 mm qui est plus forte qu'en section 1, probablement parce que la section 2 se trouve à 10 m de la trace de la projection verticale de la limite latérale d'exploitation de la veine W2.

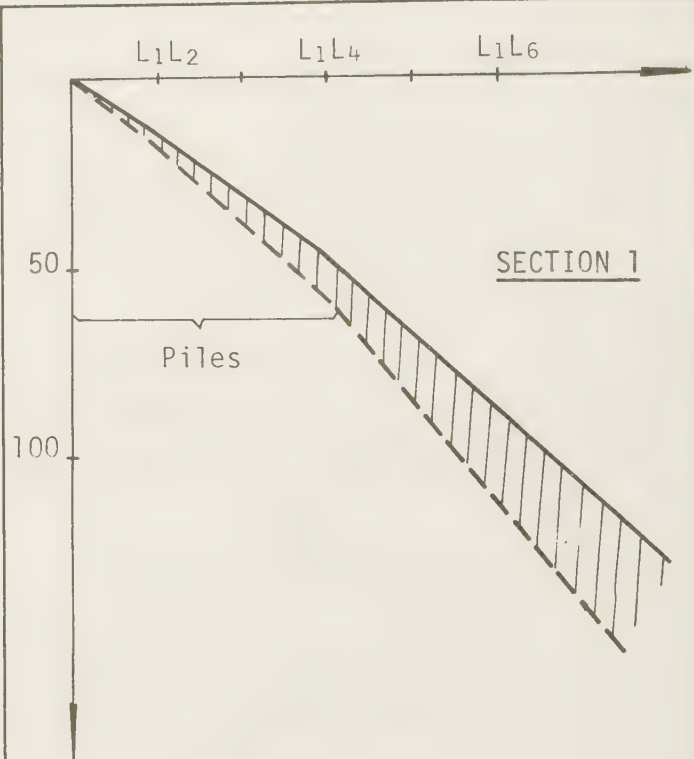
FIG 53

DIMINUTION DES CONVERGENCES SOUS L'INFLUENCE
D'UNE EXPLOITATION SUS-JACENTE

Panneau 3 bis



Panneau 5 bis



--- Zone exploitée au toit (+115 m)
— Zone exploitée au toit (+65 m)

une zone où les convergences sont très dispersées : écart-type 12 mm contre 8 mm auparavant. La zone suivante présente des convergences très faibles (10 mm) et peu dispersées. Les convergences restent faibles sous la partie de la veine 5b6 exploitée jusqu'à l'approche des veines 7 où le même phénomène se produit : des convergences fortes sur 17 avancements à la projection verticale de la limite d'exploitation des veines 7, ensuite des convergences faibles.

Dans le panneau 3bis, on retrouve le même phénomène : des convergences fortes à la projection verticale de la limite d'exploitation de la veine 5b6, ensuite des convergences très dispersées ⁽¹⁾. La zone suivante présente des convergences fortes contrairement à ce qui a été trouvé dans la même zone du panneau 5 bis. Enfin, sous la partie exploitée de la veine 5b6, les convergences sont faibles et surtout peu dispersées. *La figure 53* qui représente la déformée du toit (évolution des convergences cumulées selon une perpendiculaire au front) illustre le phénomène de diminution des mouvements sous le massif exploité de la veine 5b6 (+ 65 m) par rapport à une situation précédente où la veine W1 était exploitée au toit de la veine 10 à + 115 m. de stampe.

Explication du phénomène :

Le chapitre I de cette partie a montré qu'une limite d'exploitation crée une zone de contraintes (culée) qui se déplace vers le charbon en place en le fissurant. Cette zone de contraintes se stabilise à 20 m de son départ dépendant surtout de la nature des terrains.

La culée des contraintes des veines (H) et (W2) n'est pas décelable sur les mouvements des épontes de la veine 10. Par contre, les culées des contraintes des veines (W1), (5b6) et (7) sont à l'origine de fortes convergences observées en veine 10, phénomène de *l'effet limite* d'une exploitation. Les convergences alors sont fortes à la projection verticale des limites d'exploitation des veines :

(1) Les deux sections (1,2) présentent des mouvements différents à cause du traitement de l'arrière-taille (voir 5ème partie).

STAMPE	CONVERGENCES FORTES
(W1) 115 m	7 avancements
(5b6) 65 m	13 avancements
(7) 30 m	17 avancements

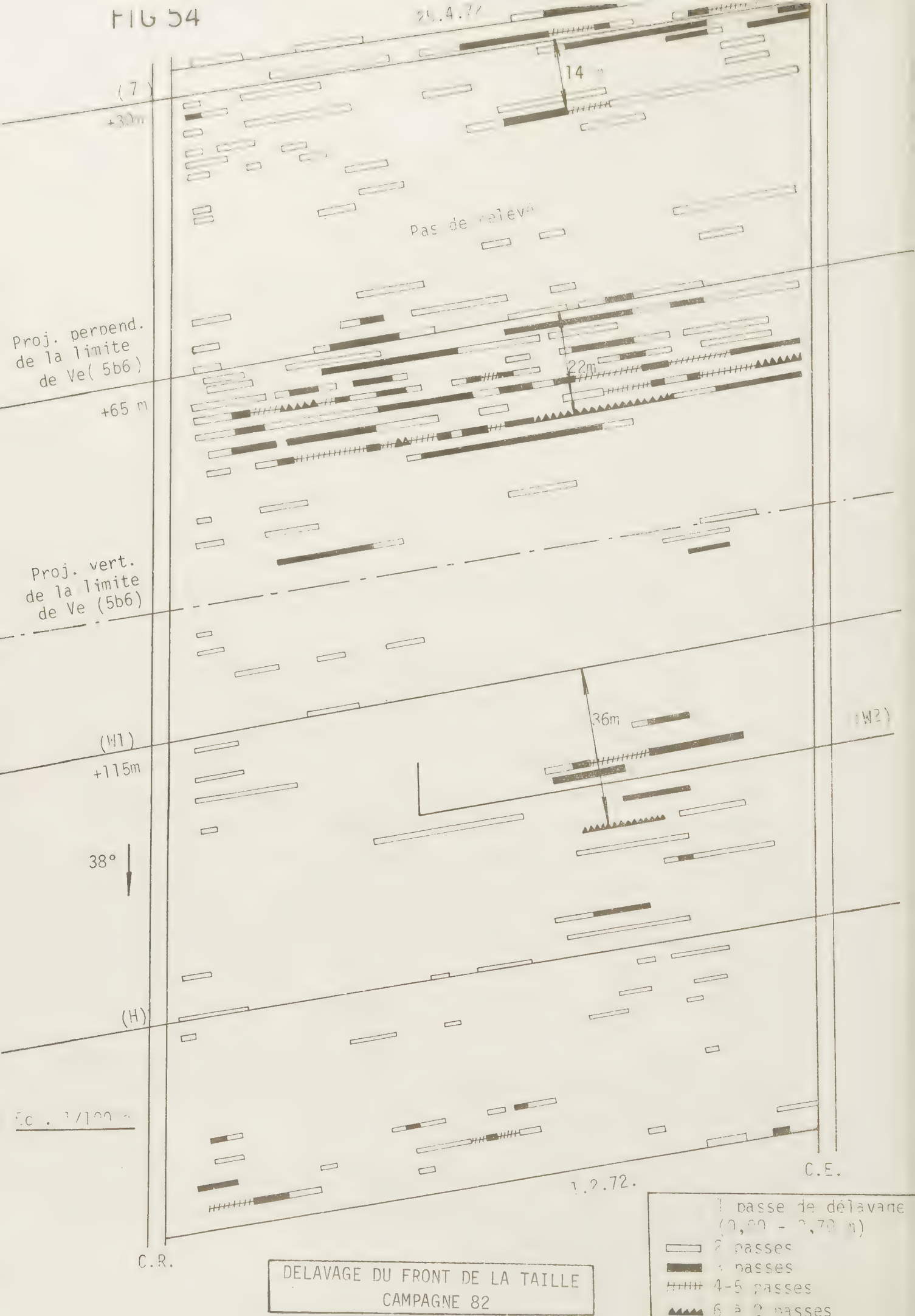
L'intensité de la culée des contraintes s'estompe avec l'augmentation de la stampe.

Derrière la culée des contraintes, formée à la limite d'exploitation de la veine 5b6, se crée une zone où les convergences sont très dispersées. La zone suivante présente des convergences très faibles (5 bis) ou très fortes (3 bis). Cette zone qui correspond au charbon fissuré de la veine 5b6 est mal connue, son étendue et ses effets dépendent en particulier des caractéristiques des terrains : le panneau 5 bis avec un toit plutôt charbonneux sur les deux premiers mètres présente des convergences faibles, le panneau 3 bis avec un toit plutôt gréseux sur les deux premiers mètres et une tectonique importante, donne la naissance à des mouvements très importants. De plus, le passage de la faille à l'étage 440 se fait sentir par une forte convergence dans le panneau 3 bis juste à la projection perpendiculaire aux bancs de la limite d'exploitation de la veine 5b6.

Enfin, sous le massif exploité de la veine 5b6, les convergences diminuent. Les phénomènes *de détente* se manifestent par la montée des terrains sous le vide exploité.

On constate bien que l'on ait mesuré une détente sous la veine 5b6, les effets de limite d'exploitation se font sentir au passage de la veine 7 dans le panneau 5 bis.

FIG 54



o Délavage du front

Le charbon en place se fissure en avant du front sous l'influence des culées des contraintes créées par les limites d'exploitations. En taille, ceci va se traduire par une chute du charbon "*délavage du front*", qui prend une importance particulière avec le pendage de la veine.

Pour déterminer le délavage du front d'une taille, nous disposons les mesures de la distance non soutenue à front (D.N.S.), distance entre les vérins avant du soutènement marchant et le front de charbon après le ripage des piles. Nous considérerons qu'il y a délavage lorsque la D.N.S. est supérieure à 2,70 m soit 2,25 m pour la longueur des chapeaux avant en porte-à-faux + 45 cm d'encombrement du blindé. Le délavage du front selon son importance a été classé en cinq catégories : 1 passe (70 cm) 2 passes, 3 passes, 4 - 5 passes et 6 à 9 passes.

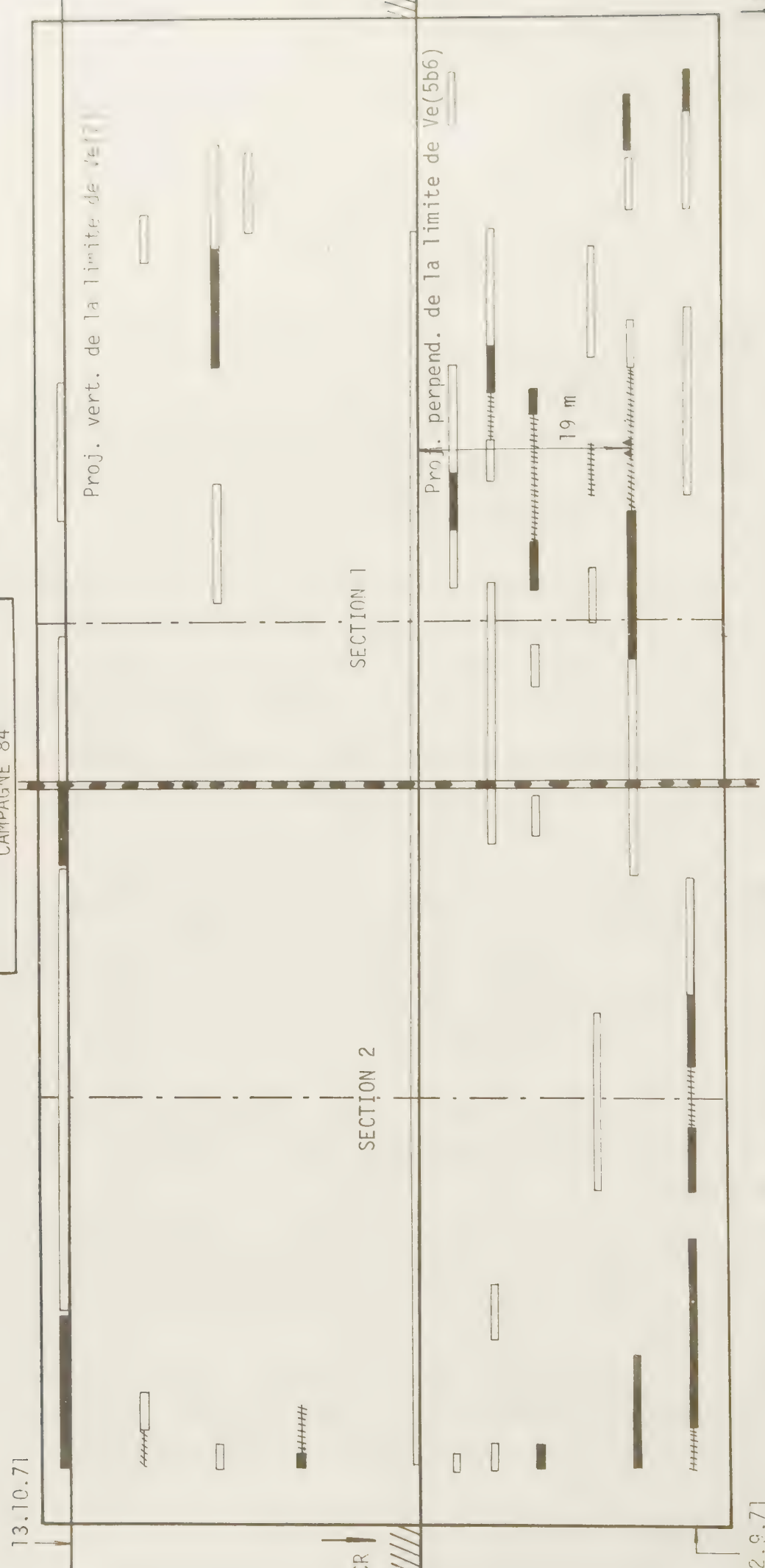
Le relevé journalier de la taille suit l'évolution du délavage du front sur l'ensemble du front de la taille et permet d'établir le plan de délavage du front des panneaux 5 bis et 3 bis de la veine 10 représenté par les *figures 54 et 55*. Nous avons porté les traces des limites d'exploitation des veines sus-jacentes.

L'étude du délavage du front du panneau 5 bis de la veine 10 (*figure 54*) permet de confirmer les résultats acquis par l'étude des mouvements des épontes :

- Il n'y a pas de délavage sous le massif sus-jacent vierge puis exploité par les veines (H), (W2) et (W1) sauf de manière localisée au démarrage du panneau (lié aux éboulements survenus) et sous l'influence du massif fissuré en veine W1.
- Le délavage devient important sur tout le front de la veine 10 après la projection verticale de la limite d'exploitation de la veine 5b6. Celui-ci atteint une profondeur de 5 à 7 mètres "*effet limite*" mais disparaît

DELAVAGE DU FRONT DE LA TAILLE
CAMPAGNE 84

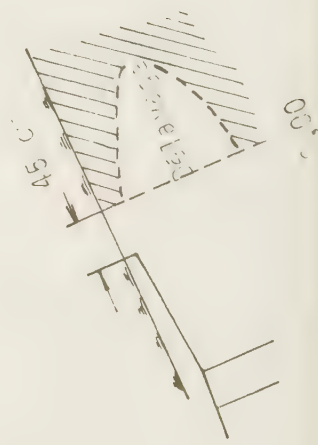
FIG 55



1 passe de lavage (9,00 - 9,70 m)

- 2 passes
- 3 passes
- 4 - 5 passes
- 6 - 9 passes

Niche



après le passage de la projection perpendiculaire aux bancs (de la limite de veine 5b6) sous la veine 5b6 exploitée "effet détente". Il se manifeste de nouveau sous l'influence des veines 7. Le panneau 3 bis (figure 55) présente le même phénomène.

- Un maximum de délavage lié aux exploitations sus-jacentes apparaît régulièrement à des endroits bien précis. Ce maximum, lié au passage du charbon vierge au charbon fissuré sus-jacent où se produit la culée des contraintes, dépend de la stampe comme le montre le tableau ci-dessous.

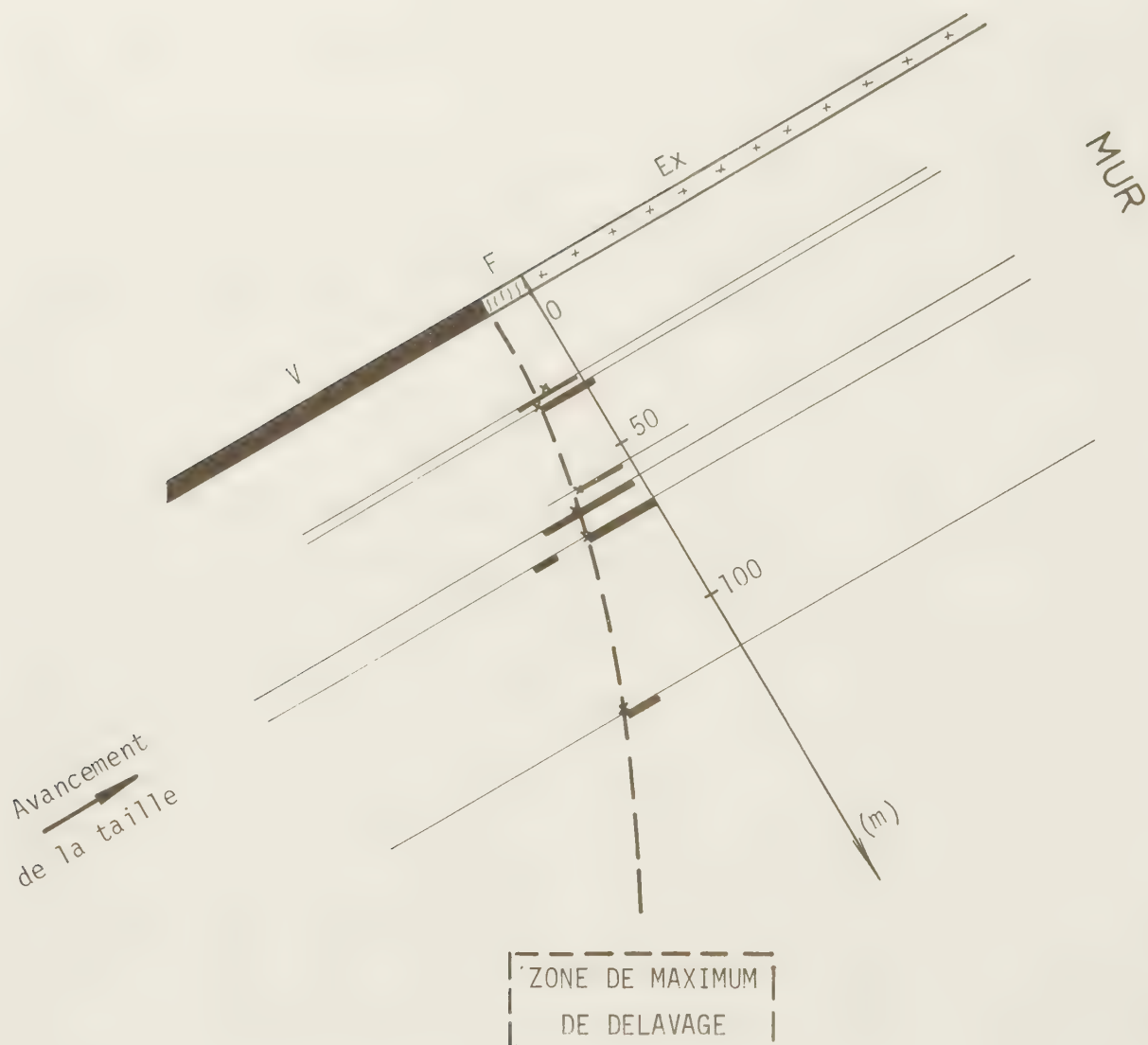
STAMPE	MAXIMUM DE DELAVAGE MESURE A PARTIR DES PRO- JECTIONS ⊥ AUX BANCS	PANNEAUX EN VEINE 10
(W1) 115 m	36 m	5 bis
(5b6) 65 m	22 m	5 bis
(5b6) 60 m	19 m	3 bis
(5b6) 58 m	16 m	1 bis
(7) 30 m	14 m	5 bis
(7) 25 m	10 m	1 bis

Explication du phénomène :

Comme dans le cas des mouvements des épontes , nous allons distinguer les phénomènes de *limite* liés à la culée de contraintes qui se développe à la limite des exploitations sus-jacentes et les phénomènes de *détente* liés à la montée des terrains sous le massif exploité.

FIG 56

DELAVAGE DU FRONT DES TAILLES INFLUENCEES
PAR UNE LIMITE D'EXPLOITATION SUS-JACENTE



V Charbon en place (vierge)

F Charbon fissuré

Ex Charbon exploité

— Délavage supérieur à 2 m

— Délavage nul

La veine 10 est influencée par plusieurs exploitations sus-jacentes situées à différentes distances. Nous recherchons l'influence d'une exploitation à différentes profondeurs. Sur la *figure 56* nous avons placé une veine influençante fictive et reporté aux profondeurs correspondantes les différents points observés en veine 10 selon la distance de la veine influençante. Nous remarquons que les points de maximum de délavage se trouvent sur une courbe évasée en fonction de la profondeur et sous le massif en place. Cette courbe concorde avec la courbe des fortes convergences rencontrées dans les galeries sous l'influence d'une exploitation (*figure 38*). Les deux phénomènes (fort délavage en taille - forte convergence dans la galerie) sont à relier au maximum des contraintes attaché à l'extrémité du charbon fissuré correspondant à l'état d'équilibre des terrains après exploitation.

Les délavages du front, importants sous l'influence de la limite d'exploitation, disparaissent au-dessous du vide créé par l'exploitation du charbon où les phénomènes de détente se manifestent.

EN RESUME :

Etant donné la complexité des phénomènes observés, nous faisons un résumé sur le comportement de la veine 10.

Une zone des contraintes se développe à la limite d'une exploitation. Cette zone se déplace avec le temps en fissurant le charbon en place et se stabilise à une vingtaine de mètres de son départ initial. Ceci correspond à l'état d'équilibre des terrains après exploitation. Une taille qui traverse les terrains perturbés par une exploitation se trouve successivement au-dessous des zones correspondantes au charbon en place - au charbon fissuré et au charbon exploité. La taille va subir deux sortes d'effets : *les effets de limite et les effets de détente.*

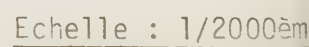
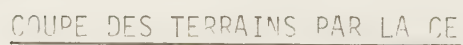
Les effets de limite, liés à la zone de contrainte qui se développe à la limite du charbon fissuré et du charbon en place, ont pu être observés pour une stampe inférieure à 115 m. Ils se traduisent sur une taille sous-jacente par :

- des convergences fortes à la projection verticale de la limite d'exploitation et dont l'importance dépend de la stampe
- des maximum de délavage du front dont la position et l'intensité dépend de la stampe
- un délavage important et des convergences fortes et dispersées entre les projections (verticale et perpendiculaire aux bancs) de la limite d'exploitation pour une stampe comprise entre 25 et 65 m.

Les effets de détente au-dessus de la zone exploitée sont appréciables jusqu'à une distance comprise entre 65 m et 115 m. Ils se manifestent à partir de la projection perpendiculaire aux bancs de la limite d'exploitation influençante. La détente des terrains provoquée par une exploitation dont la stampe est inférieure à 65 m, se manifeste sur une taille sous-jacente par :

- des convergences faibles et peu dispersées
- la disparition du délavage du front.

LIBRARY MEMORIAL - AMNESTY INTERNATIONAL - ANNEAU EST



3.2 - LA VEINE 8 INFLUENCEE PAR DES EXPLOITATIONS AU TOIT ET AU MUR EN INTERACTION STATIQUE

Au démarrage de la campagne 83, la veine 8 panneau Est du siège Wendel, se trouvait :

- au-dessous de Wohlwerth 1 (+ 100 m) exploitée dans les 100 premiers mètres en partant de la cheminée d'extraction (CE).
- au-dessus de la veine 13 (- 60 m) en vierge
- au-dessus de la veine 14 (- 85 m) en vierge

La campagne de mesures a traversé les projections perpendiculaires aux bancs (a) et (b) des limites d'exploitation des veines 13 et 14. Elle a continué sus les deux veines exploitées pour terminer sous W1 en vierge après le passage de la projection perpendiculaire aux bancs (c) de la limite d'exploitation (Figure 57).

Nous avons suivi deux sections de mesure : la section 1 située à 45 m de la cheminée d'extraction (sous la veine W1 exploitée) et la section 2 à 108 m de la cheminée d'extraction très près de la projection de la limite latérale d'exploitation de la veine W1.

L'exploitation sus-jacente de la veine W1 et les exploitations sous-jacentes des veines (13) et (14) vont influencer le comportement de la veine 8. Nous trouverons le même mécanisme des phénomènes rencontré dans le cas précédent en veine 10.

o Mouvements des épontes

L'étude des convergences en allée 1 des deux sections de mesure nous fait distinguer 4 phases comme le montre le tableau ci-dessous :

	Section 1		Section 2	
	m	σ	m	σ
Phase 1	8	7	15	12
Phase 2	9	4	9	6
Phase 3	6	2	9	3
Phase 4			12	4

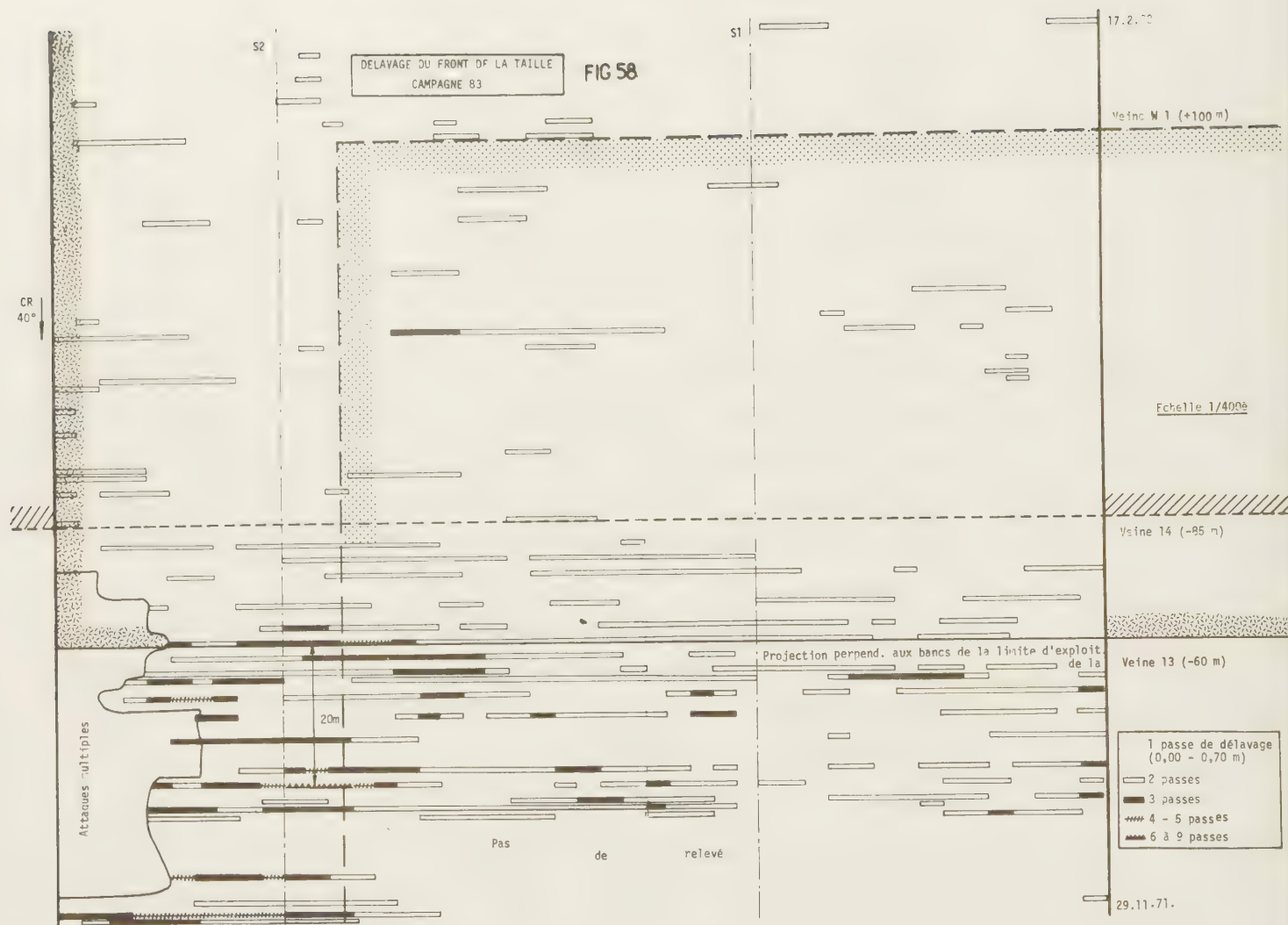
m et σ en mm

Phase 1 : Du début de la campagne jusqu'à la projection perpendiculaire aux bancs de la limite d'exploitation de la veine 13 au-dessus le massif vierge des veines (13) et (14). Les 20 derniers mètres du côté de la cheminée d'extraction ont été pris en attaques multiples par suite des conditions mauvaises, chutes de toit et délavage du front.

La section 2 présente des convergences plus fortes (15 mm) que la section 1 (8 mm) sous l'influence de la limite d'exploitation de (W1) *effet de limite au toit* et des attaques multiples qui se trouvent à son voisinage.

Phase 2 : De la projection perpendiculaire aux bancs de la limite de la veine 13 jusqu'au 20 janvier date à laquelle la double Ranging a été changée par une simple Ranging par suite des nombreux incidents mécaniques. Nous nous trouvons au-dessus des veines 13 et 14 exploitées et on peut parler de *détente au mur*. Les convergences sont moins dispersées qu'en phase 1 et égales à 9 mm dans les deux sections. En section 2, nous assistons de plus à une diminution des convergences en valeur moyenne sous l'influence de la détente au mur.

Le passage de la projection perpendiculaire aux bancs de la limite de la veine 14 n'a pas modifié les convergences : la veine 13 efface l'influence possible de la veine 14 qui a été exploitée bien avant.



- 6 -

Phase 3 : Après le changement de la machine d'abattage jusqu'à la projection perpendiculaire aux bancs de la limite de la veine W1 à l'étage 660. Les convergences diminuent en allée 1 considérablement (35 %) par suite d'une augmentation de la vitesse d'avancement ⁽¹⁾ de la taille due à un meilleur fonctionnement du système haveuse-blindé mais aussi d'une détente des terrains qui se concrétise dans cette phase. En section 2, les convergences restent les mêmes qu'en phase 2, mais la dispersion diminue, la limite latérale de la veine W1 influence encore mais faiblement cette section.

Phase 4 : Après le passage de la projection perpendiculaire aux bancs de la veine W1 au-dessous du massif vierge de la veine W1 jusqu'à la fin de la campagne. Dans cette phase, les veines 13 et 14 sont exploitées. En section 1 les convergences ne se modifient pas par rapport à la phase précédente. Par contre, en section 2 nous trouvons des convergences très fortes dues à la présence dans la veine W1 d'un coin d'exploitation (*effet limite*).

o Délavage du front :

L'étude du délavage du front à partir des relevés journaliers fait distinguer deux phases : une avec un délavage important et une sans délavage (*figure 58*).

Phase 1 : Comme dans l'étude des convergences, cette phase est caractérisée par des phénomènes très importants surtout au voisinage de la limite d'exploitation de la veine W1. Par suite d'un délavage important les 20 derniers mètres sont passés en attaques multiples. Malgré le poussardage du front, un délavage a été senti sur toute la taille à 25 m avant le passage de la projection perpendiculaire

(1) En phase 1 et 2, la durée des cycles est en moyenne 460 minutes contre 320 minutes pour les phases 3 et 4.

aux bancs de la limite de la veine 13 sous le charbon fissuré (*effet limite de veine 13*). Un maximum de délavage a été noté à 20 m de la projection perpendiculaire aux bancs de la limite de veine 13 comme dans le cas de la veine 10 sous la limite d'exploitation de la veine 5b6 qui se trouvait également à 60 m mais au toit.

Phases : Au-dessus de la veine 13 exploitée, le délavage disparaît sur tout
2-3-4 le front de la taille et n'apparaît plus jusqu'à la fin de la campagne de mesure. La détente des terrains par les veines au mur a donc supprimé le délavage du front sur toute la taille y compris sur les 40 m à partir de la cheminée de remblayage particulièrement atteints par la limite latérale de la veine W1. Le passage sous le massif de la veine W1 exploitée au massif vierge à l'étage 660 n'a pas par la suite provoqué de délavage de front.

EN RESUME :

Comme dans le cas de la veine 10, nous avons mis en évidence le même mécanisme des phénomènes. L'effet de limite lié à la zone de contraintes qui se développe à la limite des exploitations entre le charbon fissuré et le charbon vierge et l'effet de détente sous l'influence du vide exploité et ceci pour des exploitations sus-jacentes et sous-jacentes.

- L'effet d'une limite latérale d'exploitation perpendiculaire au front située à 100 m au toit de la veine 8 provoque un accroissement des convergences et du délavage du front mesurées dans une section située à 10 m de l'aplomb de cette limite ⁽¹⁾.

(1) Un calcul théorique {24} de répartition des pressions montre que 60 m au-dessous d'une limite latérale d'exploitation augmente les pressions verticales de 30 % par rapport à ce qu'elles sont en l'absence de limite. Le même calcul a montré qu'une limite parallèle au front provoque les mêmes effets à 110 m au-dessous. Ce résultat conforme aux cas expérimentaux pourrait expliquer les phénomènes très importants causés par la limite latérale.

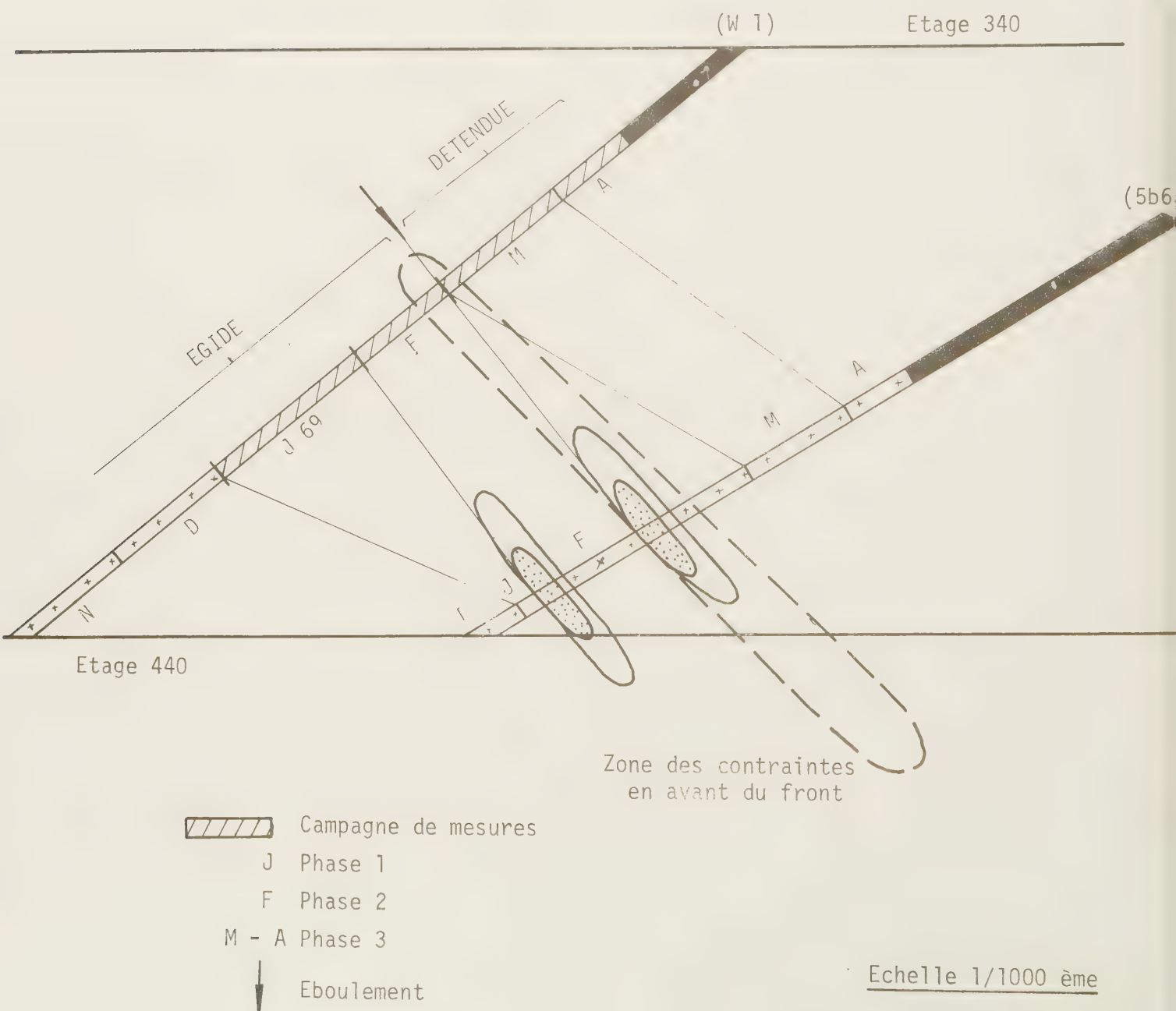
Une limite d'exploitation (parallèle au front) située à 60 m au mur de la veine 8 a augmenté la dispersion des convergences et produit un délavage du front sur toute la taille dont le maximum se situe à un endroit précis : 20 m de la projection perpendiculaire aux bancs de cette limite.

- Lorsqu'une taille traverse la projection perpendiculaire d'une limite d'exploitation située à 60 m au mur et se trouve sous le massif exploité, le phénomène *de détente* (affaissement des terrains) se manifeste par :
 - . une stabilisation des convergences
 - . la disparition du délavage du front
 - . l'effacement des effets néfastes d'une limite latérale d'exploitation à 100 m au toit.

FIG 59

SIEGE SIMON - PANNEAU CENTRAL - VEINE WOHLWERTH 1
CAMPAGNE 94

Coupe des terrains par la 3 ème recoupe à 440



3.3 - LA VEINE WOHLWERTH 1, INFLUENCEE PAR UN FRONT DE TAILLE AU MUR EN INTERACTION DYNAMIQUE

La veine Wohlwerth 1, 3ème recoupe à 440, campagne 94, siège SIMON, a été prise au démarrage en veine *égide* ⁽¹⁾. Par la suite une taille a démarré en veine 5b6 à 60 m au mur en décembre 1968. Vers le début février, les deux fronts de taille sont au même niveau selon une perpendiculaire aux bancs ; pendant le reste d'exploitation c'est la veine 5b6 qui est prise en veine *égide* (*figure 59*).

Etant donné les mauvaises conditions en veine W1, forte dégradation du toit, nous avons dû déplacer de 15 m la section de mesure au moment où la veine 5b6 a dépassé la veine W1. C'est pourquoi nous distinguerons 3 phases, le passage de la phase 1 à la phase 2 correspond au changement de section et de la phase 2 à la phase 3 à l'apparition du phénomène de détente.

o Mouvements des épontes

Phase 1 : Pendant le mois de janvier où la veine W1 est prise en veine *égide*, la veine 5b6 n'a chassé que de 10 m. Les convergences en allée 1 sont très fortes et dispersées (*figure 60*).

$$m = 14 \text{ mm}$$

$$\sigma = 9 \text{ mm}$$

Phase 2 : Déplacement de la section de mesure. Pendant la première quinzaine de février, les fronts des deux tailles se trouvent presque au même niveau. Un éboulement en veine W1 immobilise la taille pour 15 jours. Les convergences ne sont pas statistiquement différentes à celles de la phase 1.

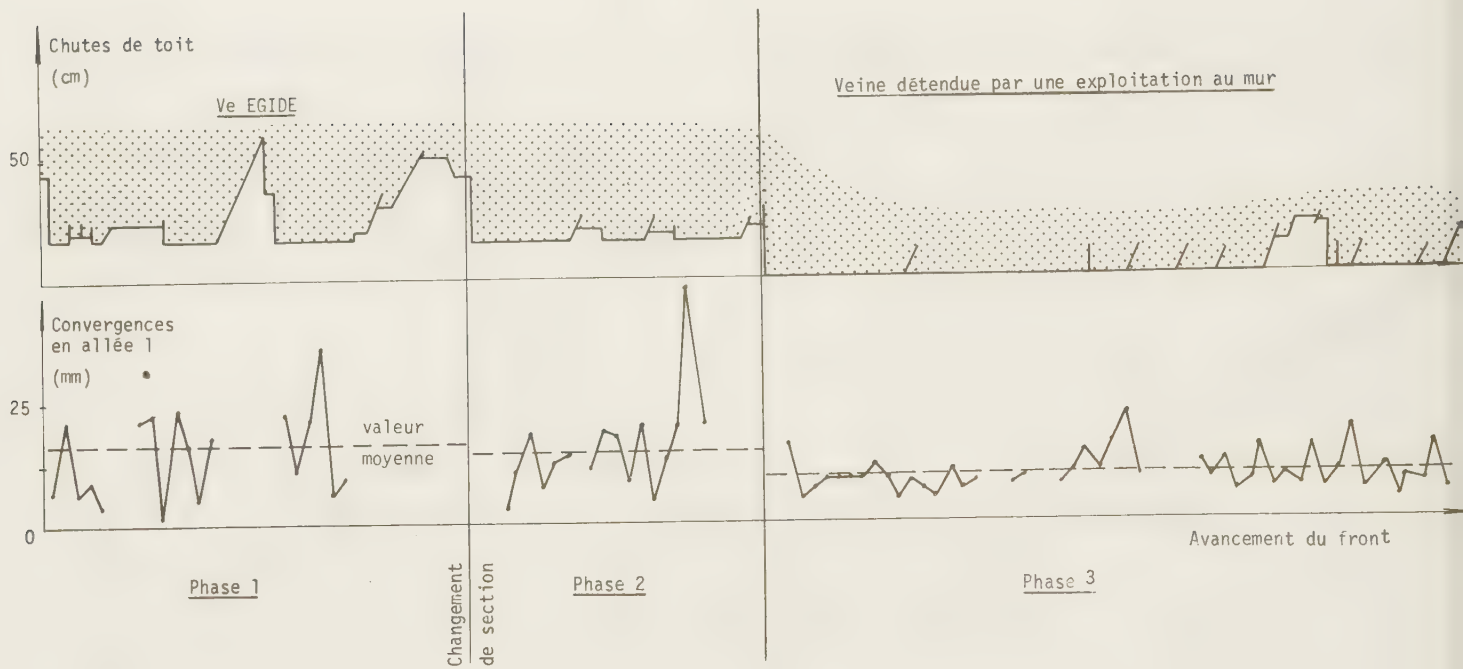
$$m = 16 \text{ mm}$$

$$\sigma = 12 \text{ mm}$$

(1) Première veine à démarrer d'un faisceau.

FIG 60

CONVERGENCES ET CHUTES DE TOIT EN WOHLWERTH 1



Phase 3 : Pendant les mois de Mars et Avril, le front de la veine 5b6 a dépassé celui de la veine W1. La veine 5b6 qui a chassée 55 m à partir du démarrage est prise en veine *égide* et la veine W1 en *détendue*. Les convergences sont plus faibles (45 % environ) et moins dispersées que les convergences des phases 1 et 2

$$m = 9,5 \text{ mm}$$

$$\sigma = 4 \text{ mm}$$

o Dégradation du toit

L'étude de la dégradation du toit confirme l'étude des mouvements des épontes. Si nous suivons l'évolution des chutes de toit, selon une coupe perpendiculaire au front de taille le long de la section de mesure nous nous apercevons que dans les phases 1 et 2, la dégradation du toit est très importante : 80 % à 100 % des chutes. Par contre, en phase 3 lorsque la veine W1 est détendue au mur, les chutes de toit sont peu nombreuses 14 % seulement.

Le tableau ci-dessous résume nos observations :

		CV1 en mm		% des chutes
		m	σ	
EGIDE	Phase 1	14	9	80 %
	Phase 2	16	12	100 %
DETENDUE	Phase 3	9,5	4	14 %

Explication des phénomènes

En phase 1 la veine W1 est une veine *égide* ; la veine 5b6 a chassé de 10 m et la culée des contraintes qui accompagne le front ne s'est pas développée suffisamment pour influencer les terrains au toit de la veine W1.

En phase 2, nous assistons au développement de la culée des contraintes en avant du front de la veine 5b6 au fur et à mesure que la distance du démarrage augmente. La culée des contraintes atteint la veine W1 et provoque un éboulement qui immobilise la taille pour deux semaines. A ce moment, la veine 5b6 avait chassé de 35 m.

Les mouvements des épontes et la dégradation du toit sont très importants pendant les phases 1 et 2 où la veine W1 est considérée comme une veine égide.

En phase 3, la veine W1 est complètement détendue au mur par la veine 5b6 qui est prise à son tour comme veine égide. La culée des contraintes de la veine 5b6 détend alors les terrains au voisinage de la veine W1 ; les mouvements des épontes diminuent considérablement et la dégradation du toit ne freine plus l'exploitation.

EN RESUME :

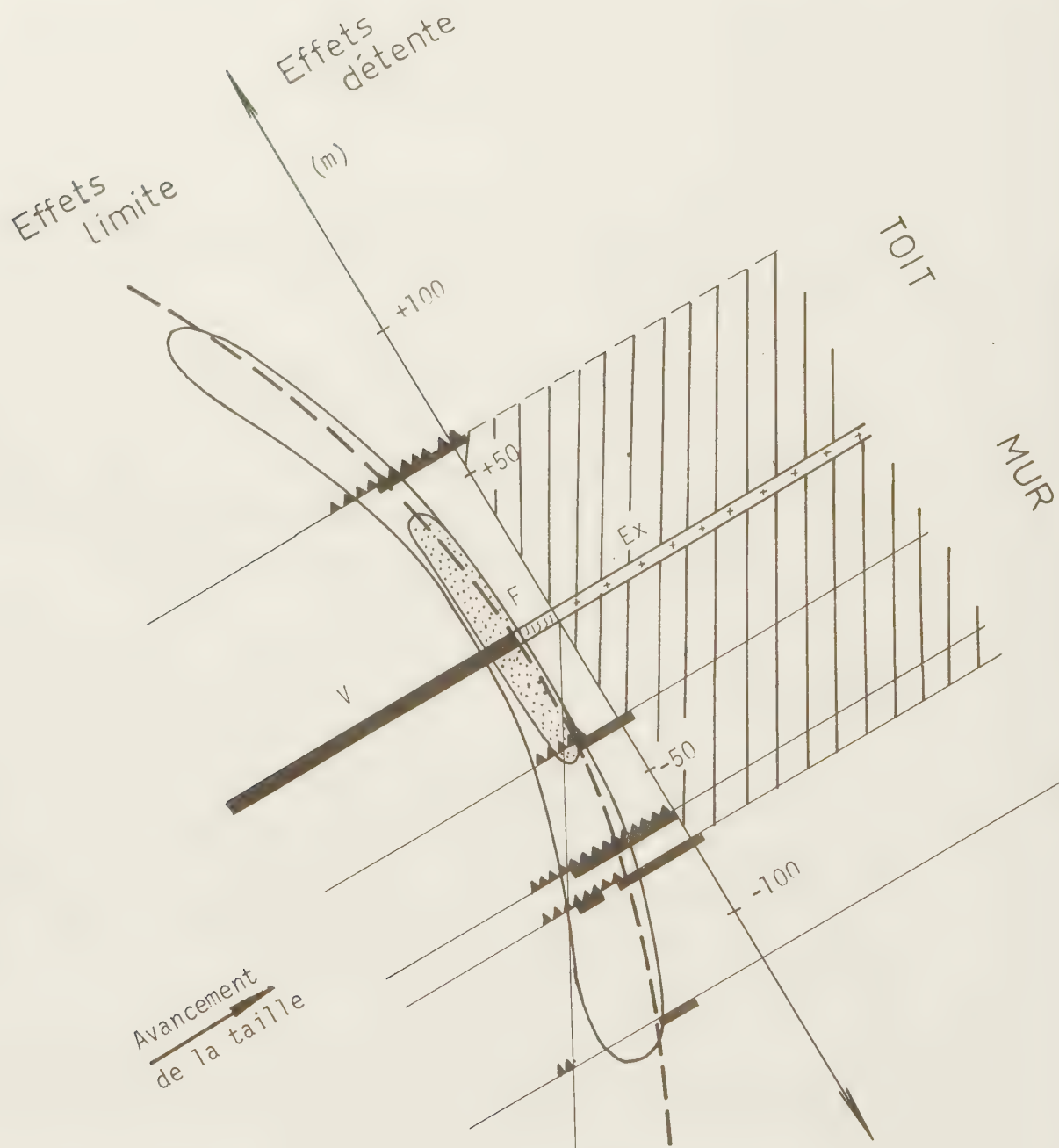
La veine Wohlwert 1 (en interaction dynamique) n'a été détendue par une exploitation (veine 5b6) se situant à 60 m au mur que lorsque le front de la veine 5b6 a dépassé celui de la veine W1 et chassé suffisamment (35 m du démarrage) pour que la culée des contraintes en avant du front puisse se développer et détendre les terrains au voisinage de la veine W1.

La veine W1 en détendue (comme dans le cas de l'interaction statique a eu un comportement bien meilleur qu'en veine égide :

- mouvements des épontes plus faibles (- 45 %) et moins dispersés
- une dégradation du toit peu gênante 14 % contre 80 % à 100 % auparavant
- une vitesse d'avancement plus grande.

FIG 61

VOLUME D'INFLUENCE EN SEMI-DRESSANTS



V Charbon en place (vierge)

F Charbon fissuré

Ex Charbon exploité

— Zones avec délavage supérieur à 2 m

▲▲▲ Convergences fortes et dispersées

/// Convergences faibles

Echelle 1/2000ème

- RESUME SUR LE VOLUME D'INFLUENCE D'UNE EXPLOITATION EN SEMI-DRESSANTS

Dans un faisceau de veines inclinées en semi-dressants, l'interaction des exploitations perturbe les terrains dans un volume dit "*volume d'influence*".

Dans ce volume nous trouvons des zones qui gênent les exploitations qui les traversent (effets de limite) et des zones qui facilitent l'exploitation (effets de détente). Ces effets sont appréciés par les mouvements des épontes, le délavage du front et la dégradation du toit.

Nous avons étudié plusieurs cas que l'on peut grouper en deux catégories selon le caractère statique ou dynamique de l'interaction.

Interactions statiques

Une exploitation en interaction statique traverse les terrains qui ont été perturbés par des exploitations antérieures. Nous cherchons l'influence d'une exploitation à différentes profondeurs tant au toit qu'au mur. Nous avons placé une veine influençante fictive et reporté aux profondeurs correspondantes les différents points observés en veine 10 (exploitation au mur) et en veine 8 (exploitation au toit) selon la distance à la veine influençante (*figure 61*). Nous allons distinguer :

- *Des effets de limite* qui sont liés à la culée des contraintes qui se développe à la limite du charbon fissuré restant en place dans les exploitations antérieures. Cette zone, comprise entre la projection verticale et la projection perpendiculaire aux épontes de la limite de démarrage des exploitations antérieures a été observée dans les cas étudiés entre 30 et 115 m au mur. Au toit, les effets de limite sont décelables jusqu'à 60 m au moins.

Tableau 12 : VOLUME D'INFLUENCE EN SEMI-DRESSANTS

	EFFETS LIMITE		EFFETS DETENTE		
	Convergences	Délavage	Convergences	Délavage	
+ 60 m	- Convergences dispersées	Délavage sur 25 m	- Diminution des CV de 30% Convergences moins dispersées	Disparition du délavage	TOIT ?
MASSIF "VIERGE"		"FISSURE"	"EXPLOITE"		
- 30 m	- Convergences fortes sur 14 m	Délavage sur 20 m	- Diminution des convergences	?	MUR
- 60 m	- Convergences fortes et dispersées	Délavage	- Diminution des convergences de 45 %	Disparition du délavage	
	- 100 % des chutes de toit		- 14% des chutes de toit		
- 65 m	- Convergences fortes sur 9m	délavage sur 25 à 35m	- Diminution des convergences de 20 à 30 %	Disparition du délavage	
	- Convergences dispersées		- Convergences moins dispersées		
-100 m (1)	- Convergences fortes et dispersées	Délavage	?	?	
-115 m	- Convergences fortes sur 4 m	Délavage localisé	- Pas de Diminution	Pas de délavage	

(1) - Il s'agit pour ce cas d'un effet de limite latéral décrit au paragraphe 3.2

Ces effets se traduisent par :

- des convergences fortes et dispersées
- des délavages du front importants.

L'importance des manifestations diminue en fonction de l'augmentation de la stampe (*tableau 12*).

- *des effets de détente* qui sont décelables à 60 m au moins au toit et jusqu'à une distance comprise entre 65 et 115 m au mur d'une exploitation antérieure. Ils se manifestent sous la partie déjà exploitée à partir du plan perpendiculaire aux bancs. Ces effets se caractérisent par :

- . des convergences faibles et peut dispersées
- . la disparition du délavage du front
- . l'atténuation des effets néfastes d'une limite d'exploitation
- . une diminution des chutes de toit (dans un cas).

Interactions dynamiques

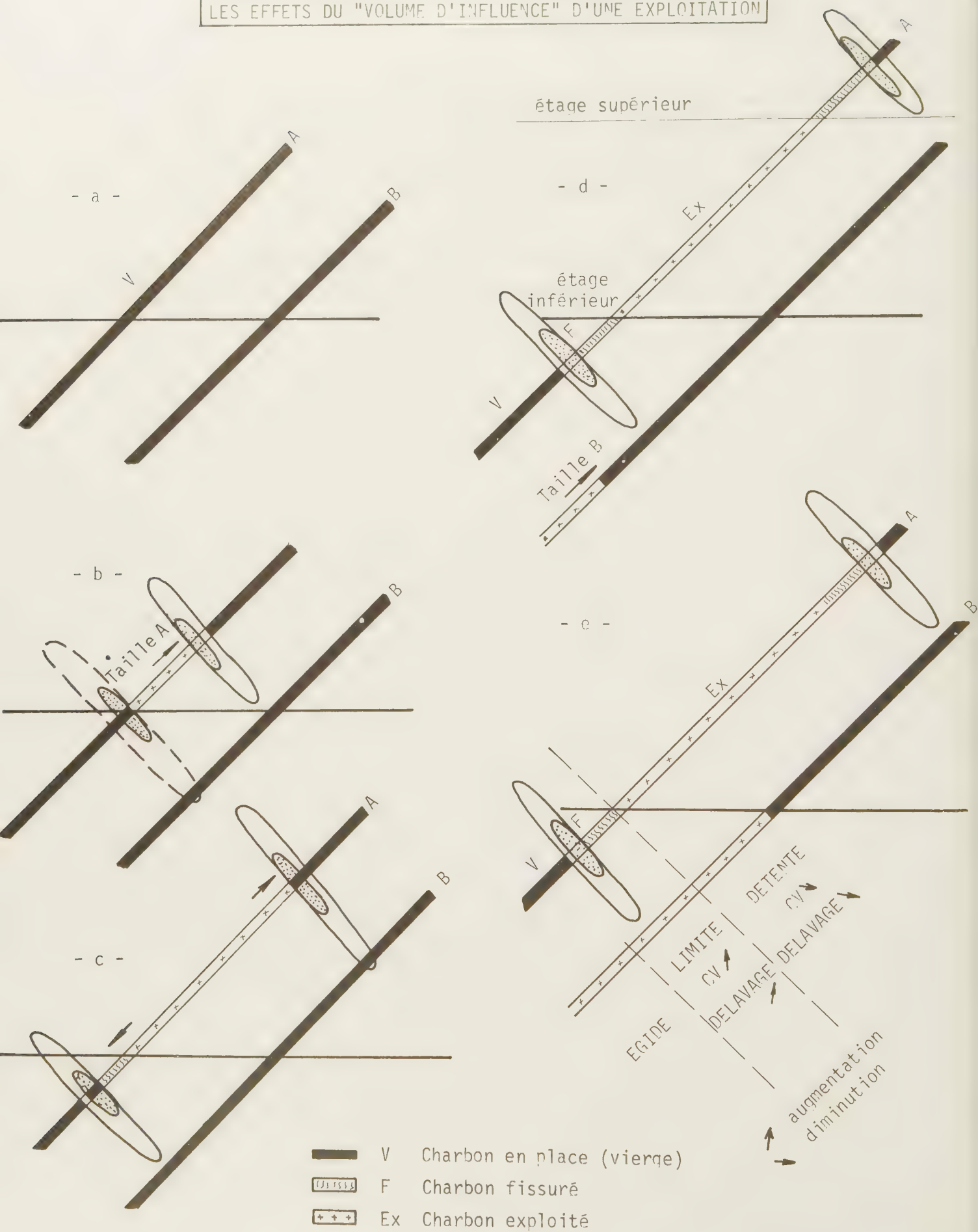
Une exploitation en interaction dynamique progresse en même temps qu'une autre exploitation voisine, sus ou sous-jacente. Ces interactions sont produites par la culée des contraintes en avant du front de taille en activité. Elles se manifestent comme les effets de limite et ont été mises en évidence dans un cas à 60 m au toit. De plus, une taille doit chasser sur 35 m depuis son démarrage avant de pouvoir influencer les terrains à 60 m au toit.

NOTE : Les exploitations étudiées passent d'un terrain non influencé à un terrain détendu par des travaux sous ou sus-jacents. Nous pensons que les phénomènes seront symétriques pour les cas inverses : passage d'un terrain détendu à un terrain non influencé.

Pour les veines très proches (10 - 20 m) bien que l'on va trouver les phénomènes de détente, nous pensons que la fracturation des terrains sera prédominante.

FIG 62

LES EFFETS DU "VOLUME D'INFLUENCE" D'UNE EXPLOITATION



- CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE -

A) LES EFFETS ET DIMENSIONS DU VOLUME D'INFLUENCE D'UNE EXPLOITATION EN SEMI-DRESSANTS

Rappelons les objectifs de cette étude :

- les effets produits sur une taille par une autre exploitation
- les dimensions du "volume d'influence" d'une exploitation.

Les effets du volume d'influence

Le passage d'une veine *non influencée* (ne subissant pas l'influence des autres exploitations) à une veine *détendue* par une autre exploitation entraîne des modifications sur le comportement des terrains.

Supposons deux veines inclinées A et B (*figure 62a*). Une taille A qui démarre en veine A va influencer le comportement des terrains voisins. Le front de la longue taille A crée une culée des contraintes qui précède l'exploitation en avant du front. Cette culée se développe et détend les terrains au voisinage de la veine B. Une deuxième culée des contraintes se forme à la limite d'exploitation de la taille A à son point de départ (*b*). Cette culée se déplace vers le charbon en place en le fissurant (*c*) et se stabilise à environ 20 m du point de départ, distance dépendant des caractéristiques du charbon et des terrains (*d*). L'exploitation de la taille A ayant été terminée en arrivant à l'étage supérieur, ce même phénomène se produit en fin d'exploitation. Une taille B qui démarre en veine B traverse les terrains perturbés par l'exploitation de la taille A et dont on peut distinguer les trois zones sus-jacentes découpées en veine A : charbon vierge, charbon fissuré et charbon exploité.

Lorsque la taille B traverse la culée des contraintes qui se développe à la limite du charbon fissuré en veine A, des perturbations apparaissent (*effet limite*) (e) :

- délavage du front important
- convergences fortes et dispersées
- dégradation du toit
- contraintes fortes dans le remblai.

La taille B traversant la projection perpendiculaire aux bancs de la limite d'exploitation sus-jacente se trouve dans des terrains qui ont subi une aspiration vers le vide créé *les effets de détente* apparaissent :

- culée de contraintes très près au front, expansion du charbon faible et zone déconsolidée s'étendant à 1,50 m du front de la taille

- disparition du délavage du front
- convergences faibles et peu dispersées
- diminution de la dégradation du toit (1 cas)
- contraintes faibles dans le remblai avec une tendance vers la stabilisation.

Une veine *non influencée* comparée à une veine détendue présente :

- une culée de contraintes plus loin du front. L'expansion du charbon continue jusqu'à une profondeur de 6 m du front
- délavage du front
- convergences fortes
- dégradation du toit importante (1 cas)
- contraintes fortes dans le remblai.

Dimension du volume d'influence

Nous pouvons approcher les dimensions du volume d'influence d'une exploitation à partir de différentes manifestations :

o Mesures dans les galeries

Les effets de limite qui apparaissent sous forme d'un accroissement de convergences sous l'influence d'une exploitation sous ou sus-jacente, sont décelables jusqu'à 85 m au moins au mur et 130 m au moins au toit d'une exploitation.

Les effets de détente (montée d'une galerie sous l'influence d'une exploitation sous-jacente) sont décelables jusqu'à 100 - 150 m au mur de l'exploitation : à 100 m la montée des terrains est de 2 mm pour une ouverture de taille de 2 m. Au toit, les affaissements causés par une exploitation peuvent atteindre la surface.

o Mesures de dégagement du grisou

Les effets de détente, appréciés par le coefficient de dégazage des terrains influencés par une exploitation inclinée avec remblayage hydraulique dans l'arrière-taille délimitent une zone à 80 m au toit et 60 m au mur.

o Mesures en taille de semi-dressants

Les effets de limite ⁽¹⁾ (convergences fortes - délavage - dégradation du toit) sont appréciables de façon étendue jusqu'à 60 m environ au mur et 60 m au moins au toit d'une exploitation. A 120 m au mur de l'exploitation, les phénomènes sont localisés.

Les effets de détente (convergences faibles - pas de délavage et diminution des chutes de toit) sont appréciables jusqu'à 60 m au moins au toit et au mur d'une exploitation.

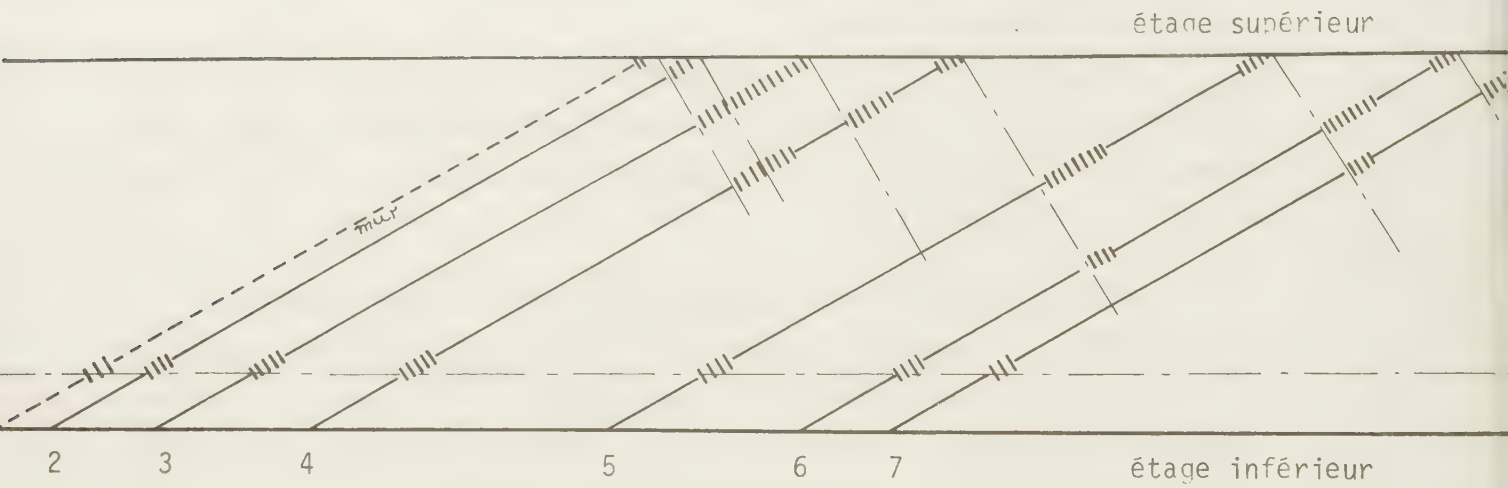
⁽¹⁾ parallèle au front.

FIG 63

ORDRE DE PRISE DES VEINES D'UN FAISCEAU

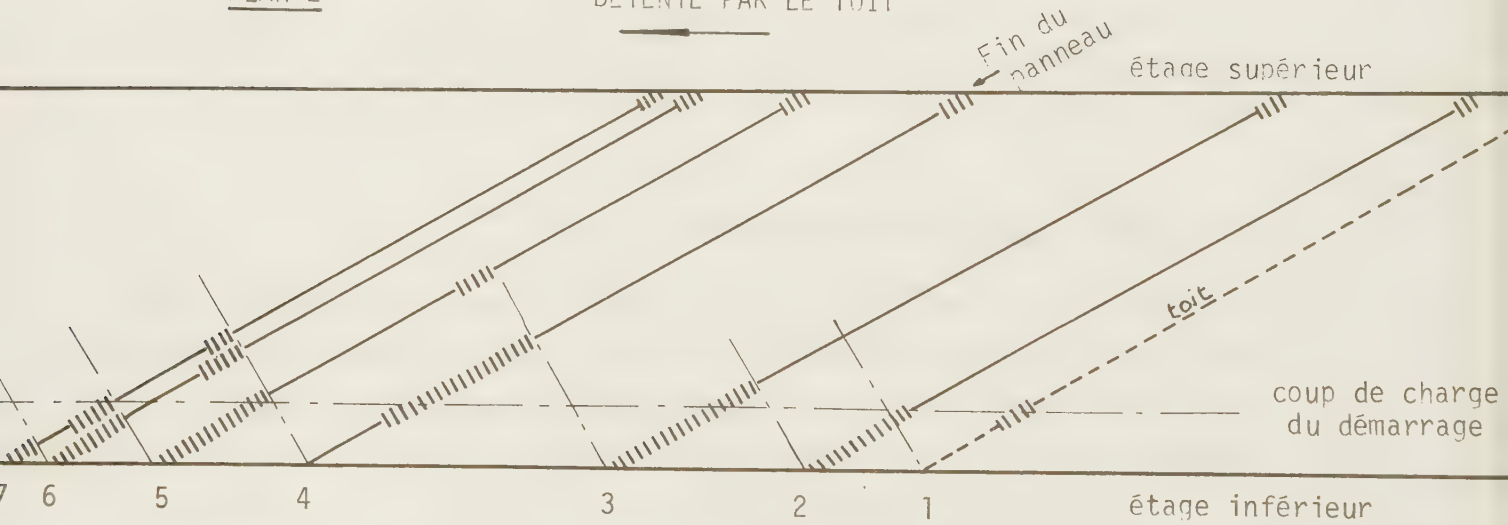
PLAN 1

DETENTE PAR LE MUR



PLAN 2

DETENTE PAR LE TOIT



- Veine égide
- Veine détendue
- ||||| Zones avec un risque important d'être perturbées

Il faut remarquer une correspondance certaine entre ces différentes manières de dimensionner le volume d'influence d'une exploitation, mais il faut noter que la nature des terrains peut atténuer ou au contraire amplifier ces phénomènes.

B) - CONSEQUENCES POUR LE PROJET D'EXPLOITATION

Le volume d'influence d'une exploitation exprimé en contraintes et déplacements, délimite des zones où ces effets pourront se traduire par des dégradations (forts mouvements - délavage du front - chutes de toit). Dans ces zones, la probabilité d'avoir des perturbations gênant l'avancement de la taille est plus importante.

Dans l'optique d'un faisceau vierge, hors de toute influence, une veine égide présentera des difficultés d'exploitation : convergences fortes et dispersées, expansion du front jusqu'à 6 m au moins de profondeur etc... Pour adopter la méthode mécanisée, nous devons choisir la veine qui présente les meilleures conditions possibles de lithologie du toit, faute de quoi, l'exploitation par attaques multiples sera préférable.

Exploitée, la veine égide va détendre les terrains à son voisinage. Des tailles mécanisées traverseront alors les terrains détendus dans de meilleures conditions. (fig. 63).

L'ordre de prise des veines du faisceau est très important. Si nous adoptons la *détente des veines par le mur* (plan 1), les zones perturbées par les effets de limite d'exploitation seront moins importants que dans le cas de la *détente par le toit*. La détente des veines par le toit (plan 2) va provoquer au démarrage des tailles (2 à 7) des perturbations importantes qui peuvent mettre en cause la méthode mécanisée si la lithologie du toit et le délavage du front favorisent les dégradations.

- QUATRIEME PARTIE -

LA PORTANCE DU SOUTENEMENT MARCHANT

INTRODUCTION

C'est à partir des résultats obtenus précédemment dans les tailles en plateures foudroyées montrant que l'importance des chutes de toit dépendait de l'amplitude et de la régularité des mouvements du toit (et donc finalement des caractéristiques de portance du soutienement chargé de les contrôler) que nous avons essayé d'agir sur le comportement du toit dans les tailles en semi-dressants par l'augmentation de la portance.

Les effets observés furent assez différents de ceux que nous attendions et le chapitre I décrira l'influence de la portance sur la dégradation du toit. Dans le chapitre II, nous expliquerons les phénomènes par des mécanismes mis en évidence par l'étude des mouvements des épontes. Enfin, nous avons rassemblé dans le chapitre III quelques applications techniques résultant des études précédentes.

Il est important de préciser avant de donner les résultats, que les variations que nous avons pu mettre en oeuvre dans le soutienement ont été relativement faibles. Etant donné la méthode d'exploitation, les étançons individuels n'ont pas été étudiés et la forme du soutienement marchant n'a pas changé au cours des différentes expériences (piles à cadre à 4 étançons munies de longs chapeaux en porte-à-faux vers l'avant). Seule une expérience, la campagne 89, a permis de modifier la structure du soutienement avec l'introduction d'un pilot à l'arrière de la pile.

L'augmentation de la portance a pu se faire :

- en augmentant la charge ⁽¹⁾ de pose tout en gardant la charge au coulisement
- en augmentant simultanément la charge de pose et la charge au coulisement par l'utilisation de vérins à grande surface.

Dans la première catégorie nous trouvons les soutènements à *portance normale* : 51 à 76 T/m.f à la pose et 106 T/m.f au coulisement. Il s'agit essentiellement du soutènement Ferromatik adapté pour les semi-dressants.

Dans la deuxième catégorie nous trouvons les soutènements à *portance moyenne* : 87 à 114 T/m.f à la pose et 133 à 178 T/m.f au coulisement. Il s'agit des soutènements Ferromatik et Marrel (moyenne portance).

Ceci montre la faible étendue de la gamme de portance (106 à 178 T/m.f. au coulisement). En particulier des piles à faible portance et haute portance n'ont pas été étudiées comme dans le cas des plateures où les portances ont varié à la pose de 35 à 250 T/m.f. et au coulisement de 75 à 315 T/m.f.

(1) Si nous utilisons la charge, alors que la pression est la seule qui puisse être aisément obtenue, c'est pour maintenir une homogénéité dans les définitions et tenir compte des surfaces des vérins différentes.

- CHAPITRE I -

INFLUENCE DE LA PORTANCE SUR LA DEGRADATION DU TOIT

Comme nous l'avons vu, les éléments déterminants du comportement du toit des tailles en semi-dressants sont :

- le grand nombre des discontinuités naturelles à partir desquelles s'amorcent la majorité des chutes de toit.
- l'importance de la surface du toit découvert dans l'arrière-taille où se produit un basculement des blocs du toit accompagné d'une aggravation des fractures d'exploitation et chutes de toit. La moitié environ de la convergence totale des épontes (taille et remblai) se donne dans cette partie de la taille.

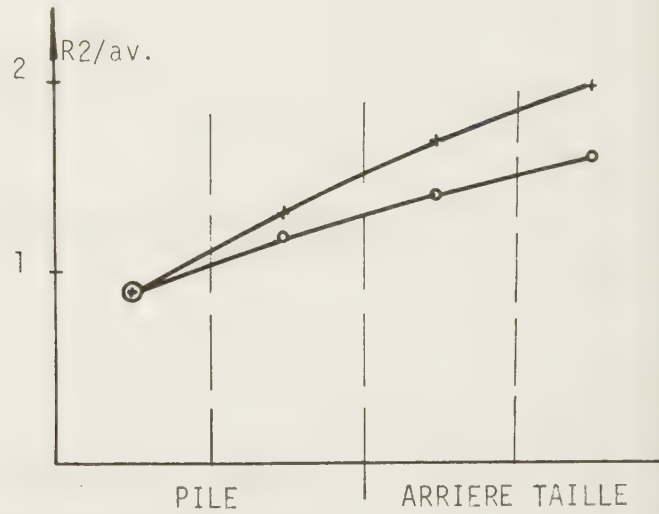
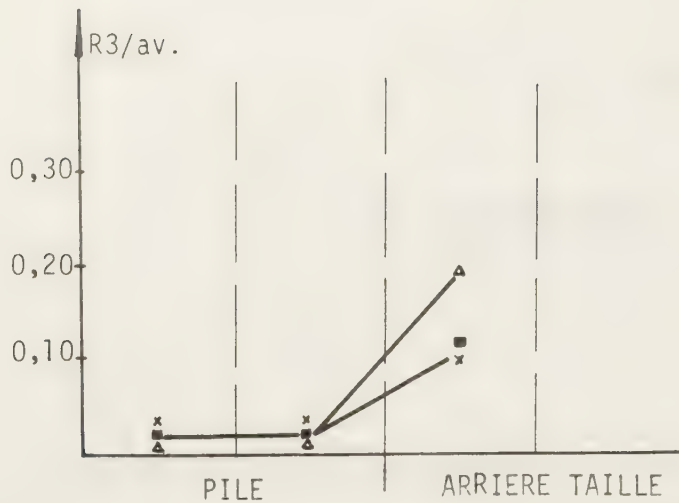
Le principe de l'étude de la portance du soutènement marchant était de faire varier la portance dans une même taille et de déceler l'influence sur la dégradation du toit. Deux cas (campagne 89 et 93) ont permis de déceler cette influence, notamment sur les fractures d'exploitation et les chutes de toit. Un troisième cas (campagne 88) n'a pu permettre de conclure sur l'influence de la portance, la dégradation du toit étant inexistante.

Les campagnes 89 et 93 ont montré que l'augmentation de la portance du soutènement n'a pas modifié le *type de fractures* d'exploitation liées à la nature du bas toit ; le mécanisme de fracturation reste le même

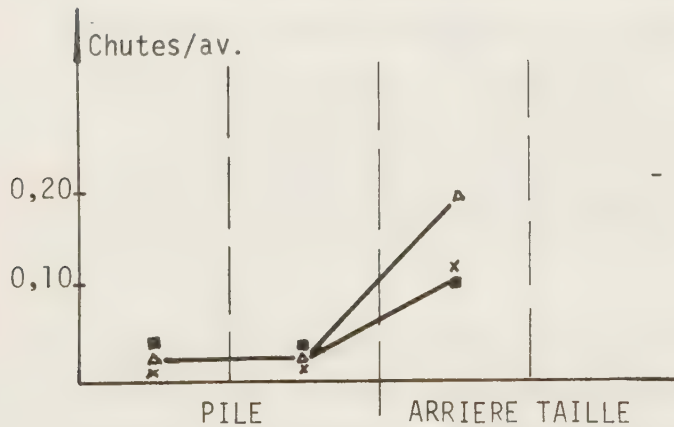
FIG 64

PORTANCE ET DEGRADATION DU TOIT

- a - Fractures

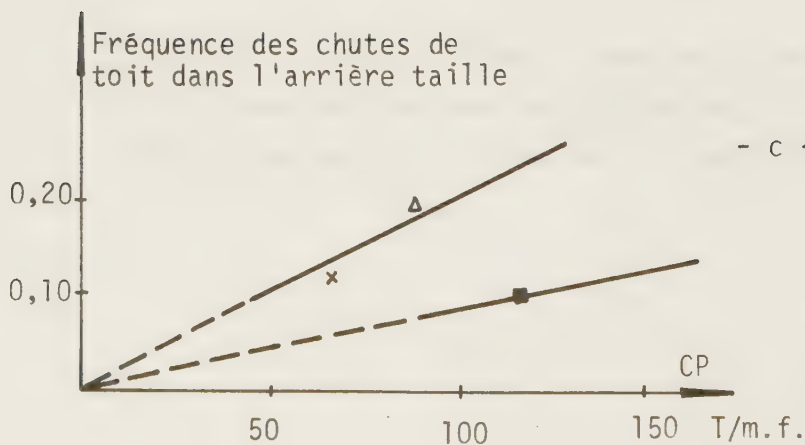


Chutes de toit



- b -

CP en T/m.f.	
Campagne 89	x 68
	Δ 88
	■ 114 (pilot)
Campagne 93	○ 51
	+ 76



- c -

- fractures inclinées vers le remblai (R3) dans le toit de schistes gréseux en campagne 89.
- fractures perpendiculaires aux épontes (R2) dans le toit de schistes charbonneux en campagne 93.

En ce qui concerne la *densité des fractures* nous allons distinguer les deux parties du toit mises en évidence par l'étude des mécanismes : toit soutenu par les piles et toit soutenu par le boisage de l'arrière taille.

A front et sur les piles, l'augmentation de la portance ne modifie pas la densité des fractures. Par contre dans l'arrière-taille la densité des fractures augmente (*figure 64a*). Cette dégradation s'amplifie avec l'augmentation de la portance car il y a déséquilibre de portance entre le toit soutenu par les piles et le toit soutenu par le boisage de l'arrière-taille. Le phénomène est le même que l'augmentation de la portance se fasse par une augmentation de la surface des vérins (campagne 89) ou par une augmentation de la charge de pose (campagne 93).

Les chutes de toit, conditionnées par la fracturation, vont suivre son évolution.

A front et sur les piles la portance ne modifie pas les *chutes de toit*, par contre dans l'arrière-taille les chutes s'aggravent (*figure 64b*). Cette aggravation liée au basculement du toit, croît avec la portance du soutènement comme le montre la *figure 64c* qui présente la fréquence des chutes de toit se produisant dans l'arrière-taille en fonction de la portance du soutènement marchant en T/m.f. à la pose.

Nous constatons aussi qu'en modifiant la structure du soutènement, par l'introduction d'un pilot derrière les piles, nous agissons sur la formation des chutes de toit. En effet les deux soutènements bien que de portance différente (68 et 114 T/m.f.) présentent la même dégradation dans l'arrière-taille. L'effet néfaste de l'augmentation de la portance doit être contrebalancé par la modification de la structure du soutènement avec l'introduction du pilot.

L'étude des mouvements des épontes qui conditionnent la dégradation du toit va expliquer ces phénomènes.

FIG 65

REPARTITION DES PRESSIONS DES VERINS OBSERVEES A CHAQUE CYCLE
CAMPAGNE 89 - SECTION 2

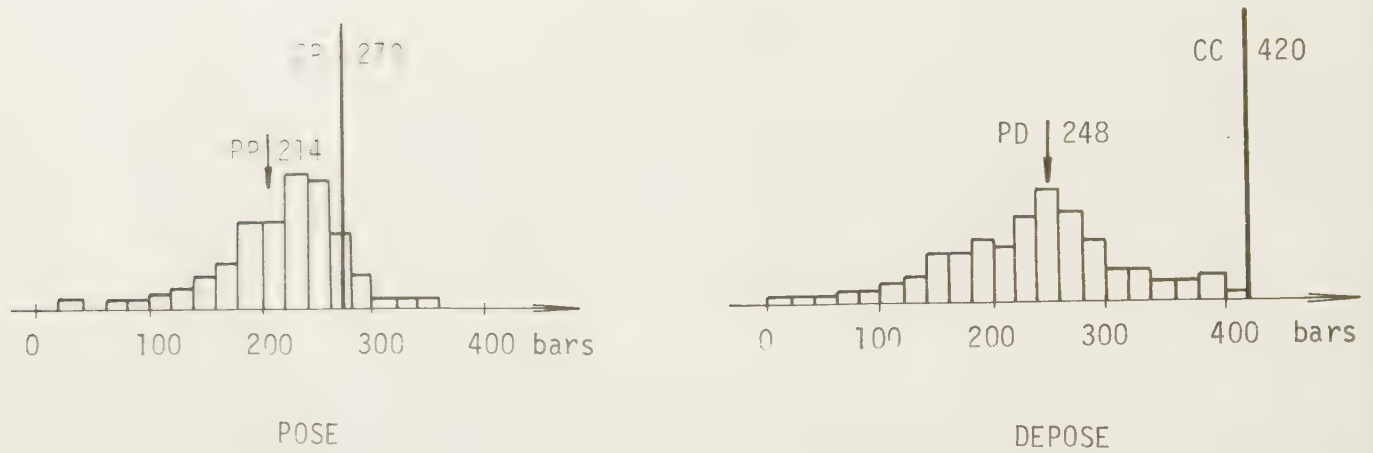
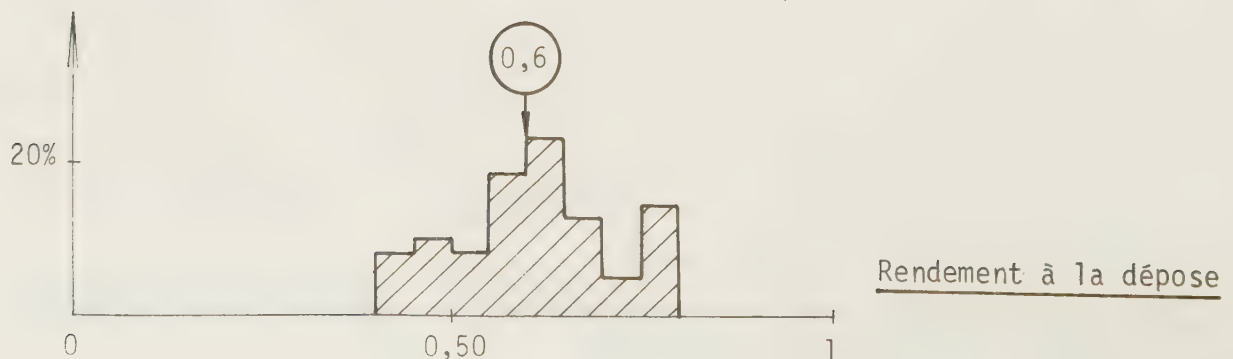
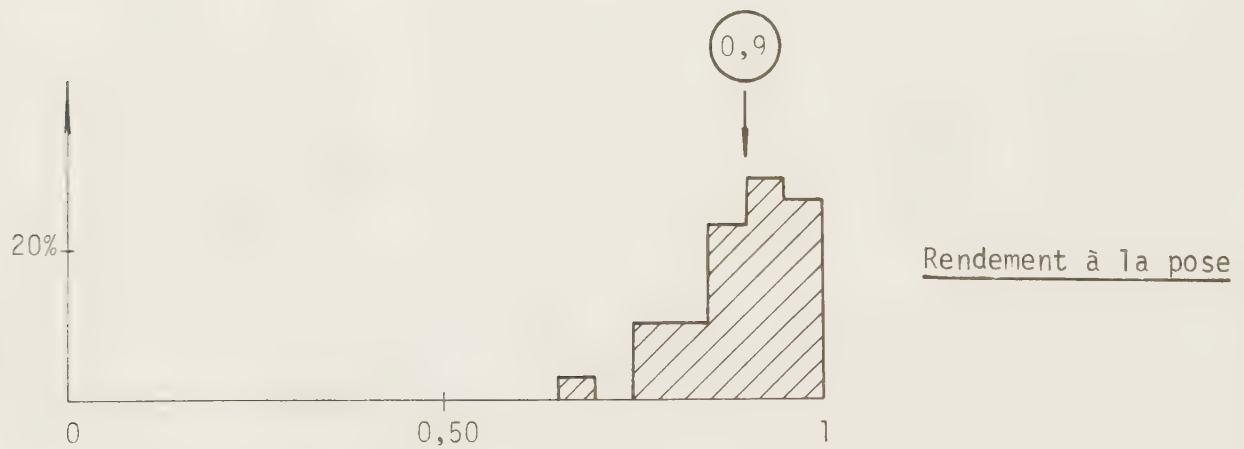


FIG 66

REPARTITION DES RENDEMENTS A LA POSE ET DEPOSE DES PILES
POUR LES 45 SECTIONS DE MESURE



- CHAPITRE II -

ANALYSE DE L'INTERACTION DU SOUTÈNEMENT ET DES EPONTES2.1 - FONCTIONNEMENT REEL DU SOUTÈNEMENT

Il n'y a aucune garantie, a priori, pour que le soutènement marchant fonctionne effectivement dans les conditions correspondant aux caractéristiques nominales. La pression interne d'une pile mesurée quelques instants après sa pose et quelques instants après sa dépose, varie considérablement d'un cycle d'avancement à un autre comme le montre les histogrammes de la campagne 89 en *figure 65*. Il en résulte que la portance observée à la pose (PP) et la portance observée à la dépose (PD), exprimées en valeurs moyennes par section de mesures, sont inférieures aux caractéristiques nominales du soutènement : charge de pose (CP) et charge au coulisement (CC).

Dans les 45 sections étudiées, l'écart des valeurs nominales et réelles du soutènement exprimé par les rendements moyens à la pose $R_p = PP/CP$ et à la dépose $R_d = PD/CC$ sont inférieurs à 1.

Le rendement à la pose a varié de 0,7 à 1 avec une valeur moyenne de 0,9 et le rendement de la dépose, plus faible, a varié de 0,4 à 0,8 avec une moyenne de 0,6 (*figure 66*).

Les causes de ce comportement du soutènement marchant sont nombreuses. Nous distinguons des causes liées aux épontes (résistance des épontes, chutes de toit) ou au soutènement lui-même et sa technologie (circuit hydraulique, temps insuffisant de mise en serrage, état mécanique, écart entre charge de pose et charge au coulisement).

FIG 67

INFLUENCE DE LA SOLLICITATION DU TOIT

Montée en charge

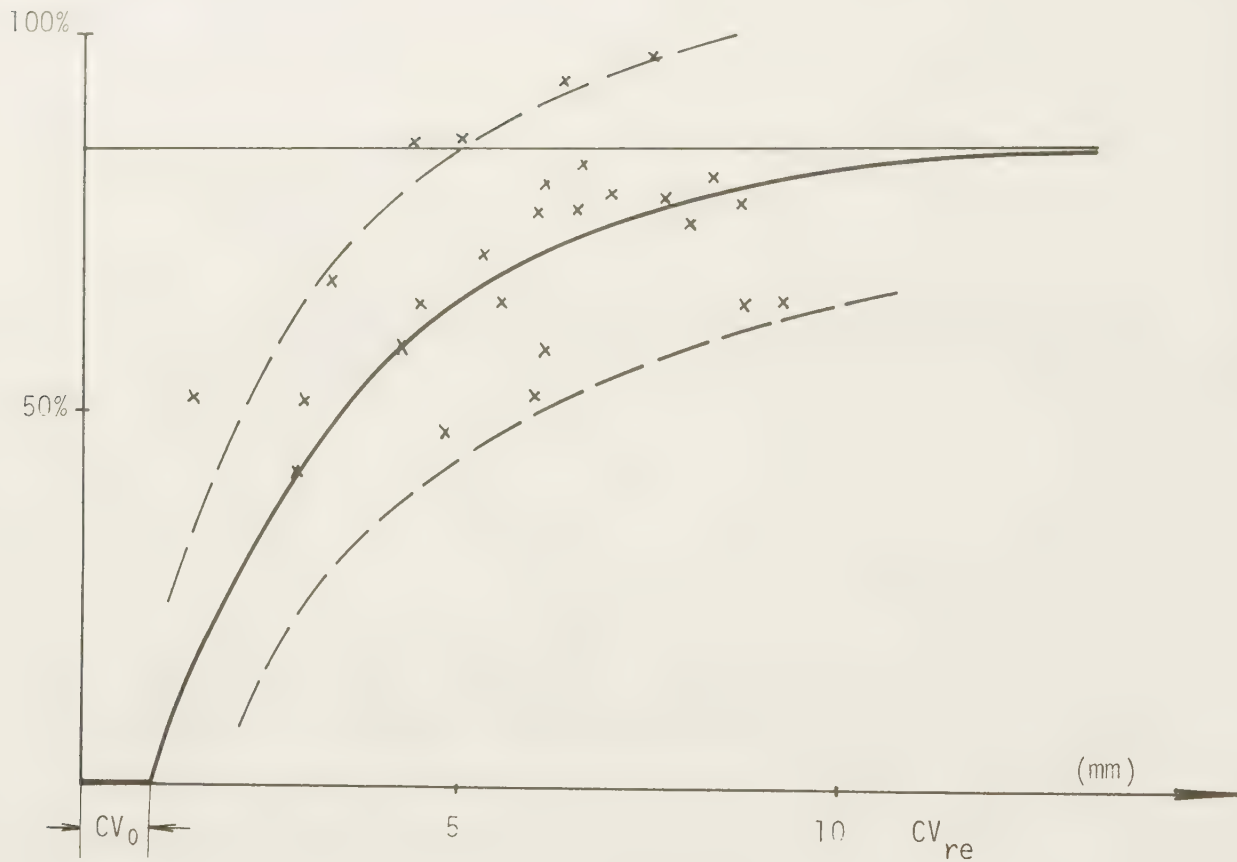
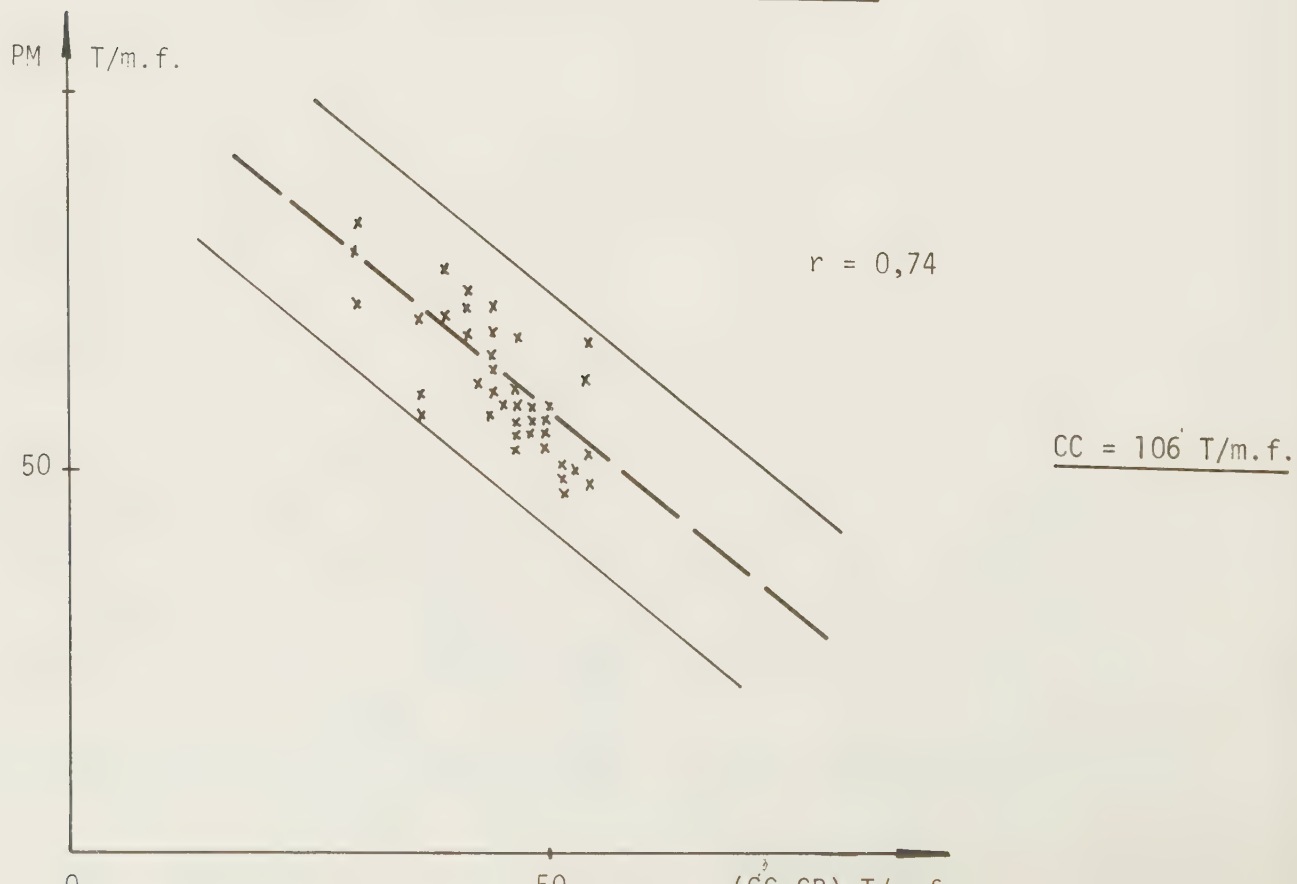


FIG 68

INFLUENCE DE L'ECART ENTRE CP ET CC



Cependant le faible rendement de la dépose est lié aux conditions de ce type de chantier et en particulier aux faibles mouvements des épontes que présente la taille à remblayage hydraulique en semi-dressants.

2.2 - INFLUENCE DE LA SOLLICITATION DU TOIT

L'étude faite sur l'interaction du soutènement et des épontes (effort-déformation) montre qu'il y a une liaison entre la descente du toit et la montée en charge du soutènement.

Nous avons porté dans le graphique de la *figure 67* la montée en charge du soutènement (M) exprimée en pourcentage des cycles qui ont à la dépose une pression supérieure à celle de leur pose, en fonction de la descente du toit lorsque la pile est serrée (CV_{re} = convergence qui se donne pendant le repos de la taille). Cette liaison a pu être représentée par un modèle exponentiel :

$$M = 85 \left(1 - e^{-\frac{CV_{re} - CV_o}{3}} \right) \quad (14)$$

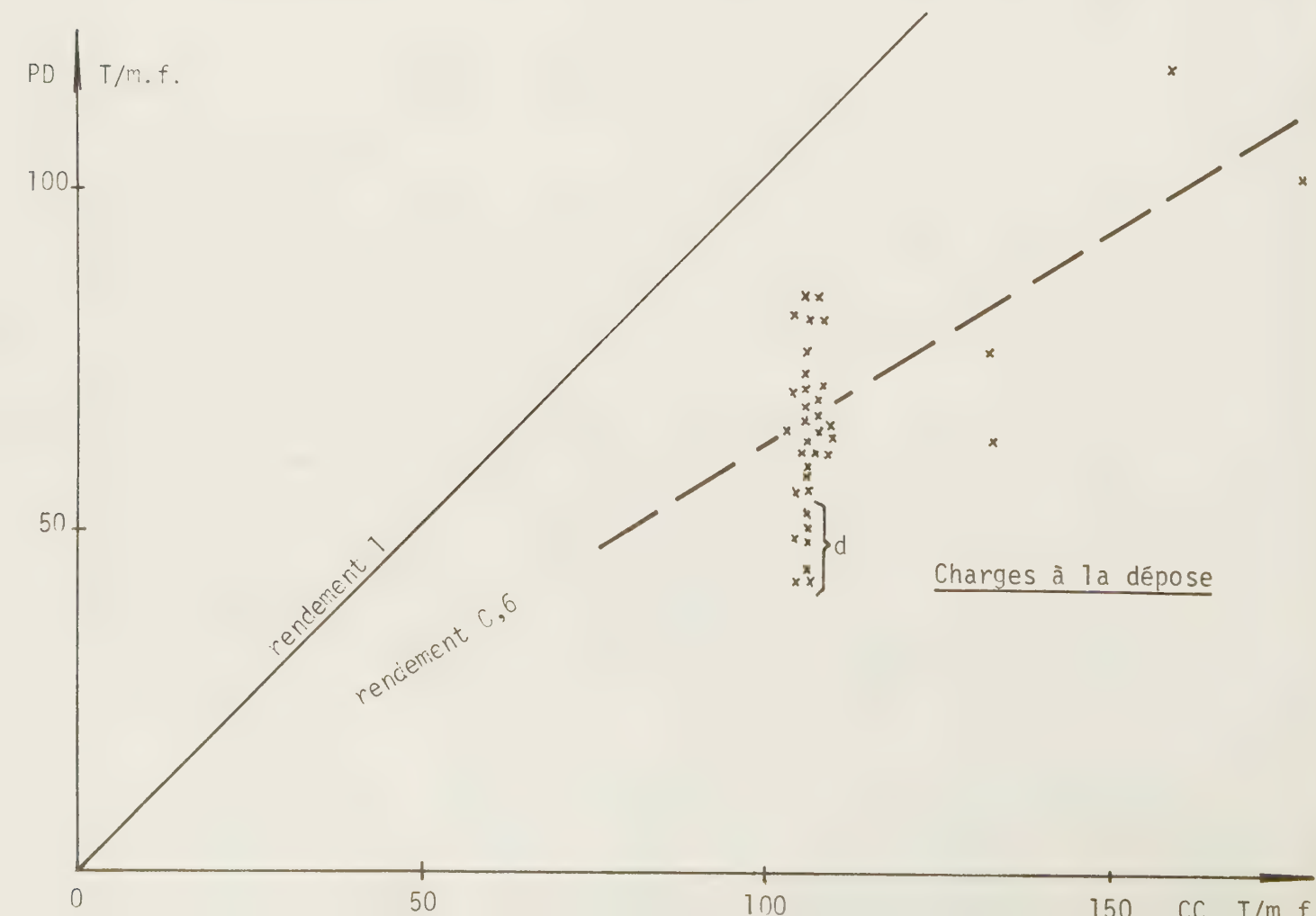
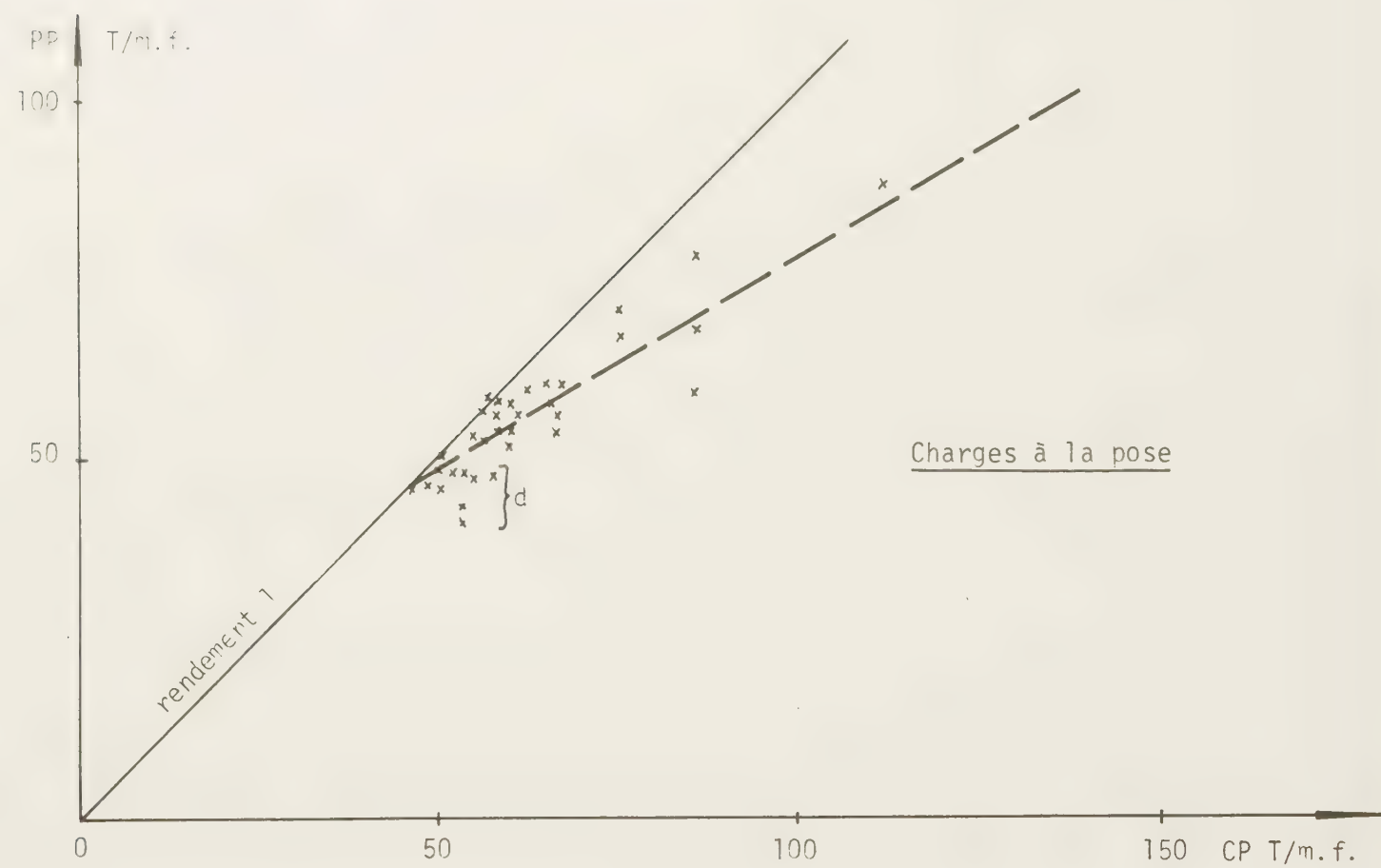
Ce qui met en évidence :

- une convergence de tassement CV_o égale à 1 mm soit 16 % de la moyenne des CV_{re} observées dans les sections étudiées. Cette convergence est nécessaire pour que débute la montée en charge du soutènement.

- la montée en charge est d'autant plus importante que les mouvements des épontes sont importants. Pour 4 mm de convergence en moyenne, plus de 50 % des cycles présentent une montée en charge ($CV_{re} - CV_o = 3$). Pour 10 mm de convergence, l'influence de la descente du toit disparaît, l'asymptote est pratiquement atteinte : dans les conditions des tailles étudiées, 85 % des cycles présentent une montée en charge.

FIG 69

CHARGES A LA POSE ET DEPOSE DU SOUTÈNEMENT



Les faibles mouvements des semi-dressants ont permis de mettre en évidence cette relation qui n'était pas apparue précédemment dans les tailles en plateure foudroyées. Ils expliquent donc les écarts importants observés dans les chantiers remblayés entre les valeurs nominales et observées de la portance du soutènement, en particulier dans les veines détendues par d'autres exploitations où les mouvements sont très faibles.

2.3 - VALEUR NOMINALE ET PORTANCE REELLE

Nous pouvons maintenant préciser quels ont été les effets réels des essais de modification de portance du soutènement marchant.

2.3.1 - Influence de l'écart entre CP et CC

Nous avons présenté sur la *figure 68* la différence qui existe entre la charge de pose et la charge au coulisement en fonction de la portance moyenne observée. Nous constatons que le rapprochement de la charge de pose à la charge au coulisement a permis d'augmenter la portance moyenne au cours des cycles. La liaison est hautement significative et se traduit par l'équation suivante :

$$PM = -1 (CC - CP) + 106 \quad \begin{cases} 51 \leq CP \leq 76 \\ CC = 106 \end{cases} \quad \text{en T/m.f.}$$

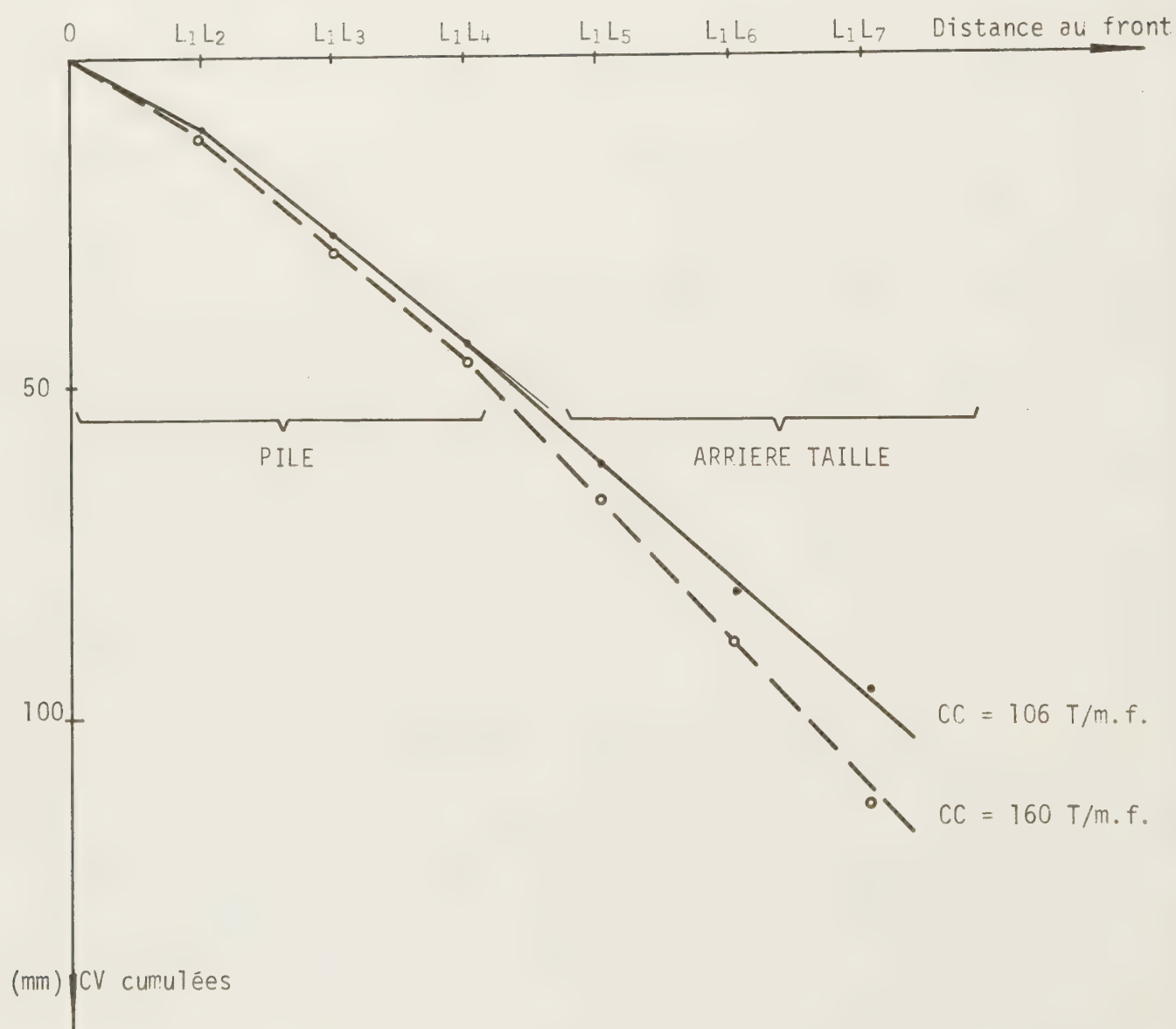
Ceci nous conduit au résultat suivant :

La portance moyenne réelle au cours des cycles est égale à la charge de pose nominale.

$$\boxed{PM = CP} \quad (15)$$

FIG 70

PORTANCE ET MOUVEMENT DES EPONTES
CAMPAGNE 88



2.3.2 - Influence de la portance sur le rendement

Nous avons porté sur la *figure 69* les portances nominales et observées tant à la pose qu'à la dépose des piles. Nous constatons que l'augmentation de la portance nominale se traduit par une augmentation effective, mais avec un rendement ~~décroissant~~ à la pose :

$$PP = 0,6 CP + 20 \rightarrow R_p = 0,6 + 20/CP \quad (16)$$

et un rendement constant à la dépose du soutènement :

$$PD = 0,6 CC \rightarrow R_d = 0,6 \quad (17)$$

et ceci dans le domaine de 51 à 114 T/m.f. à la pose et 106 à 178 T/m.f. au coulisement.

Dans ce graphique nous notons des familles de points (d) où les rendements sont très faibles. Il s'agit des veines dont les mouvements sont faibles car elles sont détendues par d'autres exploitations. Par conséquent, comme nous venons de le voir, la montée en charge est faible aussi.

2.4 - INFLUENCE DE LA PORTANCE SUR LES MOUVEMENTS DES EPONTES

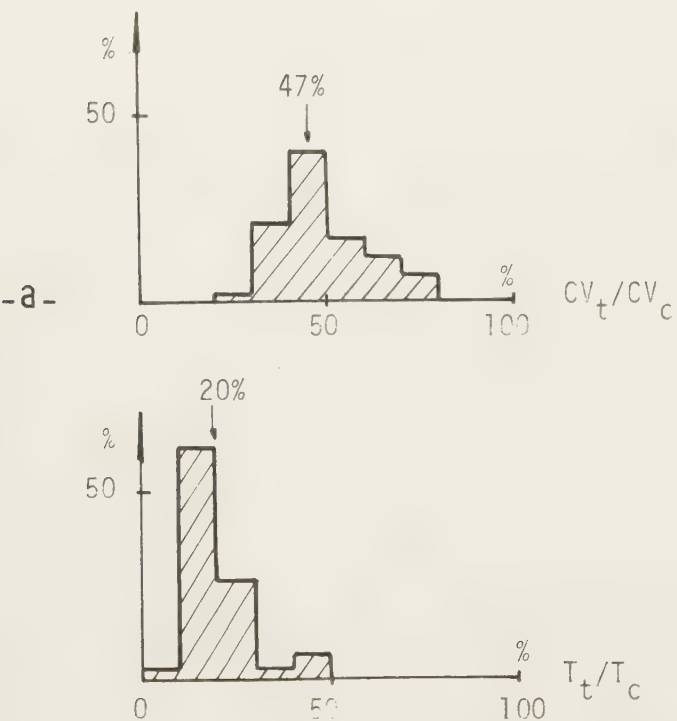
Les difficultés de l'amélioration du toit avec l'augmentation de la portance du soutènement sont dues aux mécanismes particuliers des semi-dressants. En effet, nous avons déjà vu qu'au-dessus du soutènement l'augmentation de la portance ne diminue pas les mouvements des épontes. Par contre, dans l'arrière-taille nous remarquons l'aggravation du basculement du toit : déséquilibre plus important entre le toit soutenu par les piles et le toit soutenu par le boisage de l'arrière-taille.

Nous avons présenté dans la *figure 70*, l'évolution de la convergence cumulée qui montre que les voûtes du toit sont les mêmes sur les piles et différentes dans l'arrière-taille : la convergence est plus importante avec le soutènement le plus portant.

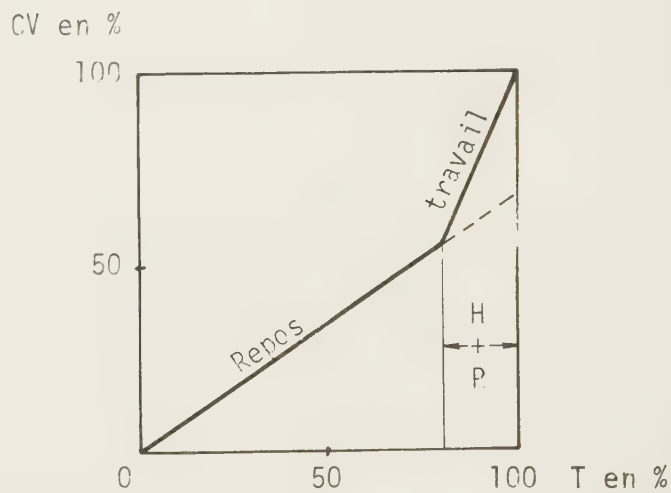
FIG 71

DECOMPOSITION DES MOUVEMENTS AU COURS D'UN CYCLE

- Répartition des valeurs pour les 45 sections étudiées

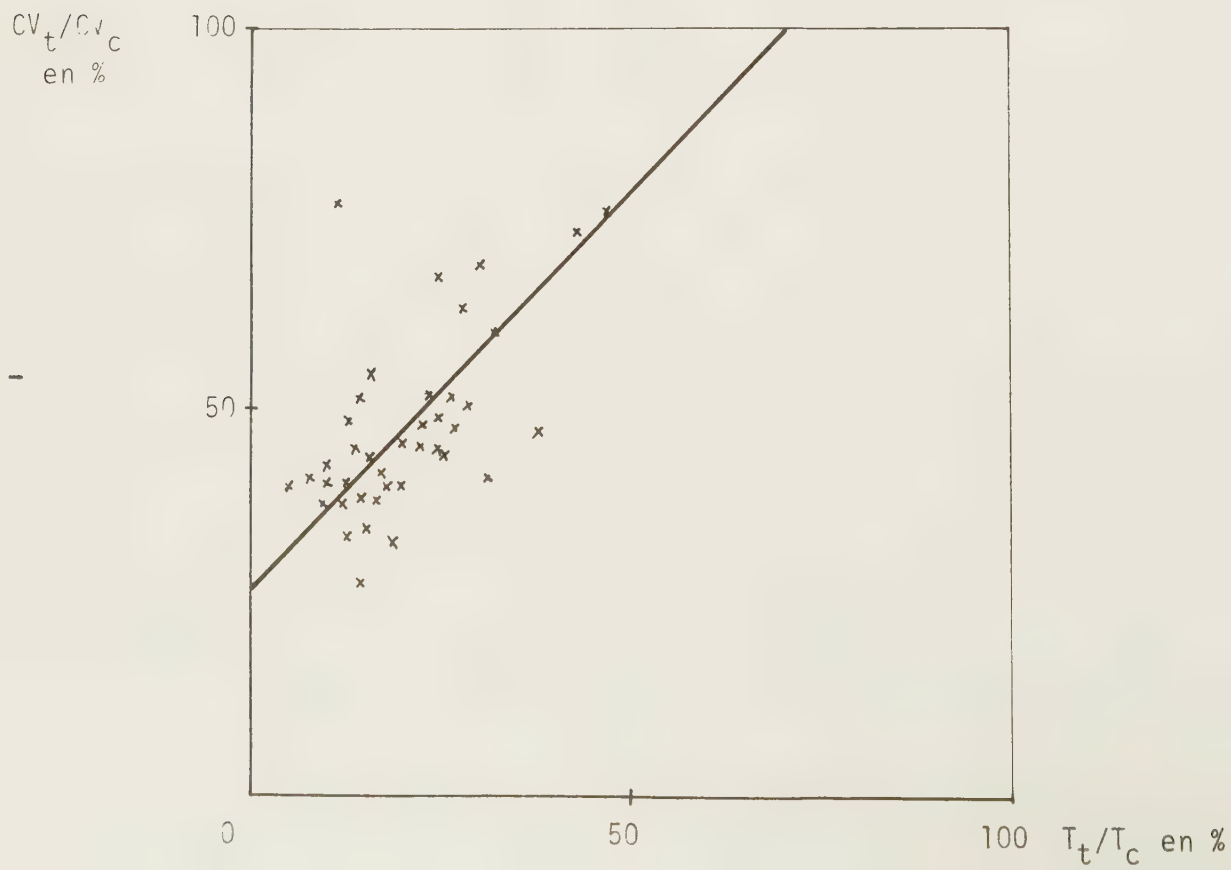


- Conditions moyennes



- Influence du temps sur les convergences travail

-b-



Une analyse plus fine permettra d'éclaircir le phénomène de l'interaction du soutènement et des mouvements des épontes. Pour cela nous allons décomposer la convergence du cycle (CV_c) en : convergence qui se donne pendant le travail de la taille (CV_t) c'est-à-dire les impulsions dues au havage et au ripage du soutènement et en convergence qui se donne pendant le repos de la taille (CV_{re}).

$$CV_c = CV_t + CV_{re}$$

Les CV_t et CV_{re} exprimées en % de la CV_c montrent le même phénomène rencontré dans les tailles à soutènement marchant en plateure : l'impulsion de la convergence qui se donne pendant le travail est très importante; les veines sont très sensibles au soutènement marchant. L'étude des 45 sections montre qu'en moyenne 47 % des mouvements se donnent en 20 % de temps pendant le travail de la taille. La répartition des rapports CV_t/CV_c % et T_t/T_c % (Con. et temps travail sur cycle) est présenté par les histogrammes de la *figure 71a*.

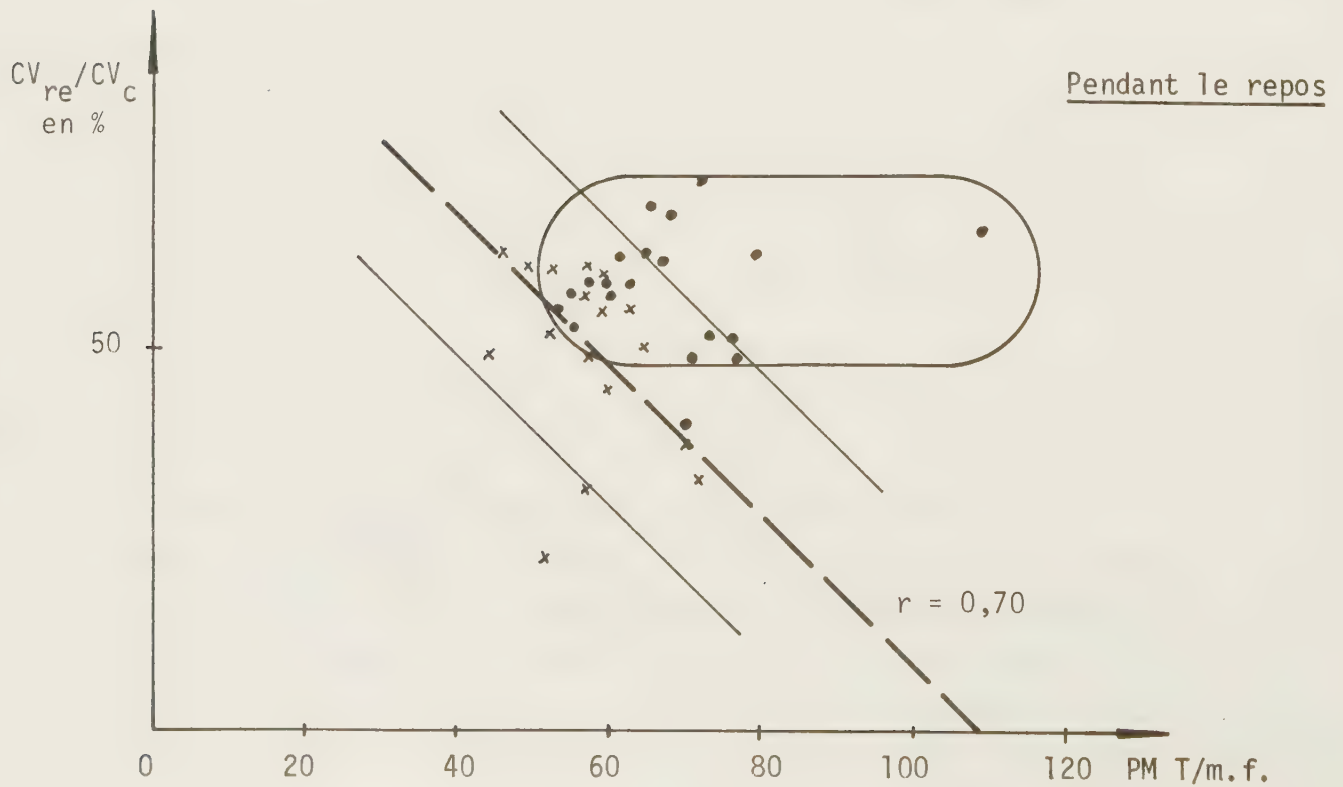
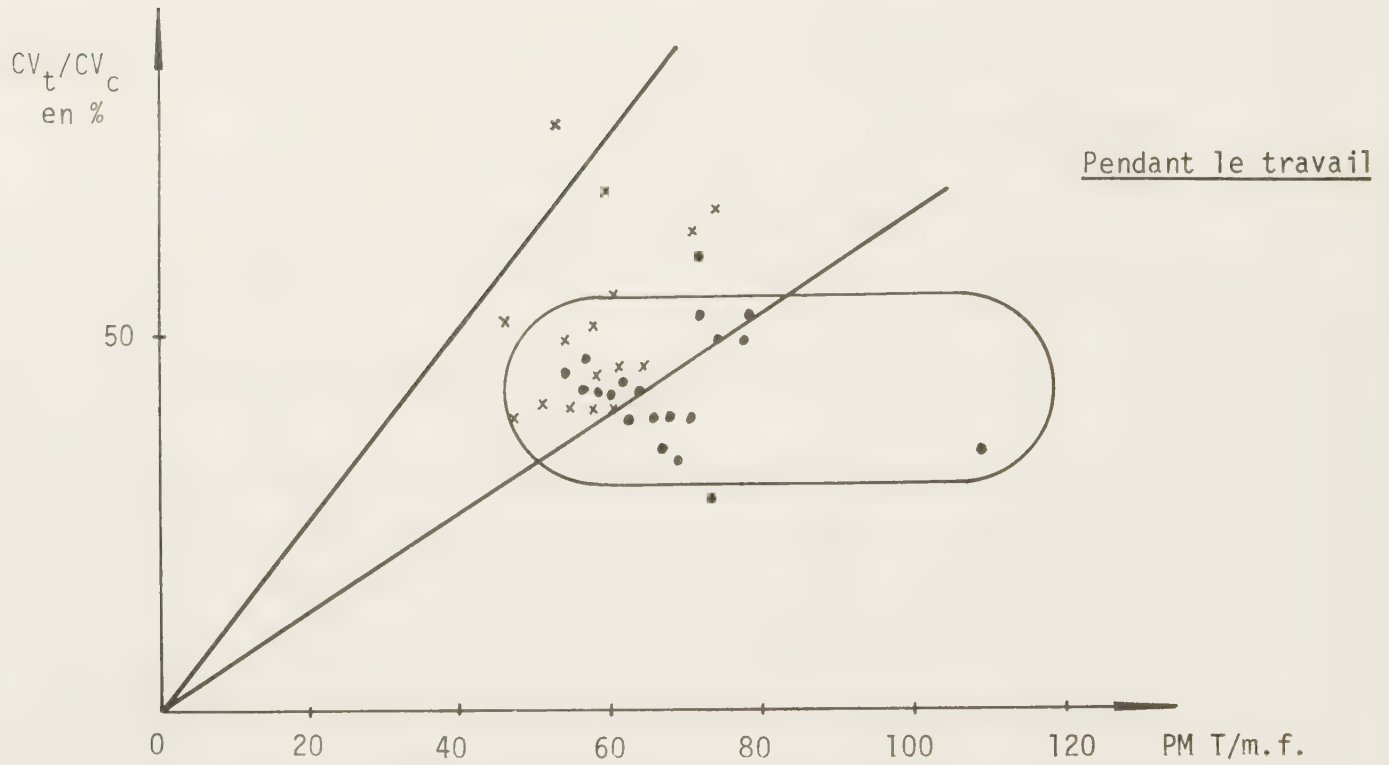
Il existe néanmoins une certaine dispersion des convergences CV_t qui peut s'expliquer en grande partie par l'influence du temps. La convergence évoluant en fonction du temps, il est normal de trouver des corrélations significatives entre les convergences CV_t/CV_c % et du temps T_t/T_c % pendant lequel cette convergence se donne. La liaison est la suivante (*figure 71b*).

$$\boxed{\frac{CV_t}{CV_c} = \frac{T_t}{T_c} + 26} \quad (12)$$

Sur cette liaison nous n'avons pas pu mettre en évidence l'influence de la nature du toit. Nous retiendrons donc que pour l'ensemble des cas étudiés, indépendamment du temps, la part de la convergence qu'on attribue à l'impulsion du havage et du ripage est 26 %.

FIG 72

INFLUENCE DE LA PORTANCE SUR LES MOUVEMENTS



- × Toit de schistes gréseux
- Toit charbon ou schistes charbonneux

La sensibilité des toits envers le soutènement marchant démontrée, nous allons voir l'influence de la portance sur les mouvements des épontes décomposés, la convergence du cycle étant inchangeable.

Sur la *figure 72* nous avons porté en abscisses la portance moyenne (PM) et en ordonnées les rapports CV_t/CV_c % et CV_{re}/CV_c %. Nous constatons que la répartition de la convergence n'est pas la même selon la nature du toit.

Pendant le travail de la taille, les toits de schistes gréseux et de grès présentent une augmentation du rapport CV_t/CV_c % avec la portance. Par contre, pendant le repos de la taille, le rapport CV_{re}/CV_c % diminue avec la portance. Pendant le serrage de la pile, l'augmentation de la portance diminue des mouvements (pénétrations faibles).

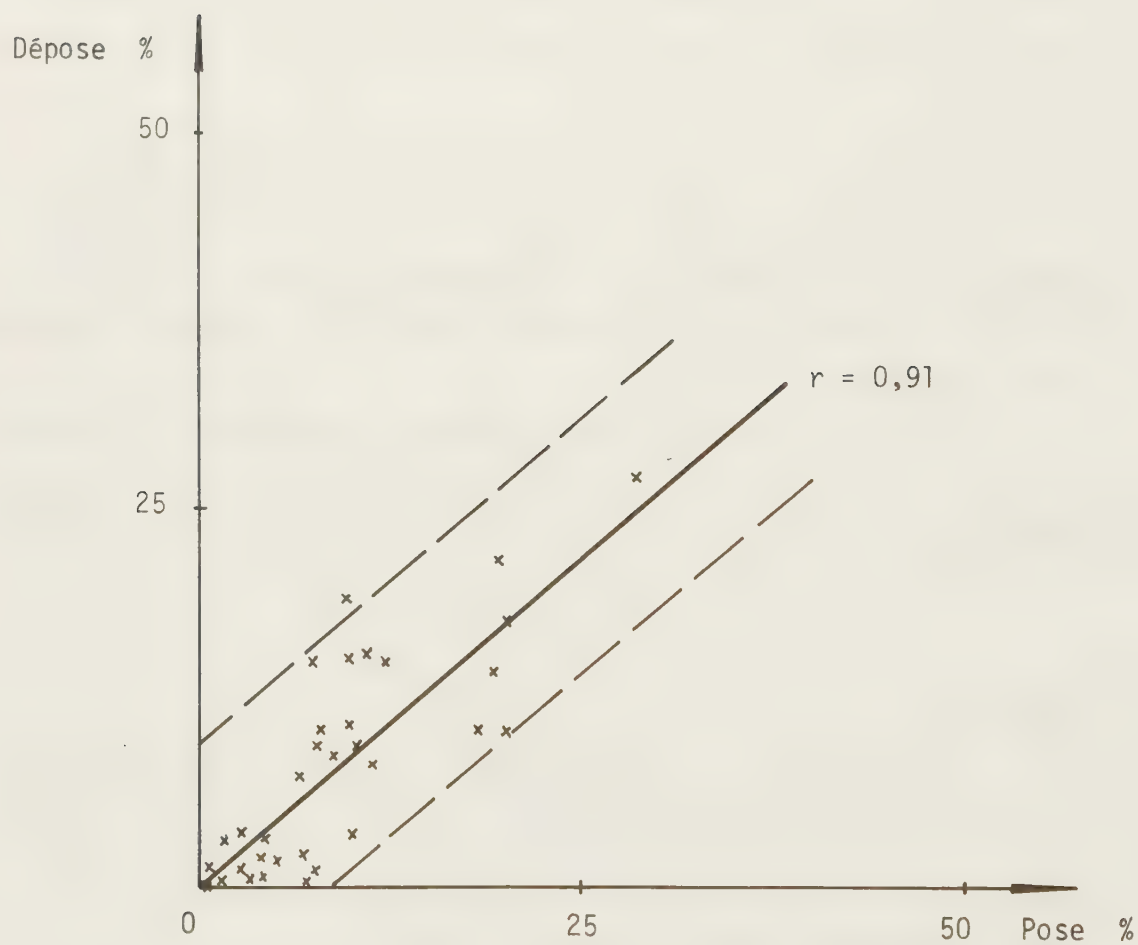
Les toits de charbon ou de schistes charbonneux ne présentent pas cette différenciation. Les variations de portance n'ont pas d'influence que ce soit pendant le travail ou le repos de la taille (pénétration importante).

RESUME :

L'augmentation de la portance n'a pas modifié les mouvements des épontes au cours des cycles car les toits étudiés sont sensibles envers le soutènement marchant: l'impulsion de la convergence qui se donne pendant le travail est très importante et vient annuler les effets (bénéfiques) lors du serrage des piles.

FIG 73

INFLUENCE DE LA PRESSION A LA POSE ET LA DEPOSE
(sur 1e % des valeurs < 160 bars)



- CHAPITRE III -

APPLICATIONS TECHNIQUES

Ce qui empêche la portance du soutènement d'être efficace sur le comportement du toit, c'est l'hétérogénéité de cette portance, d'une part au cours d'un cycle avec le ripage et les pénétrations dans les épontes et d'autre part avec la chute de portance dans l'arrière-taille derrière les piles où se trouve le soutènement.

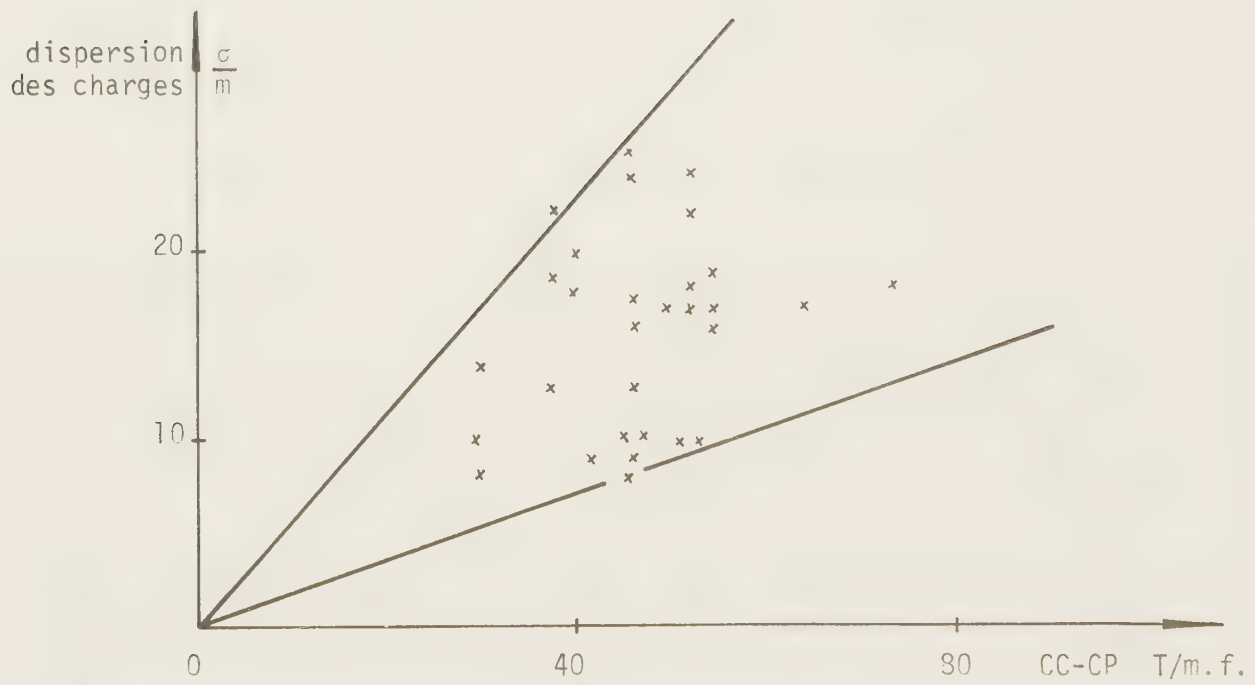
Il semble donc qu'un facteur, déjà mis en évidence dans les toits fragiles en plateaux, devient prédominant dans les semi-dressants : homogénéiser la portance dans le temps et dans l'espace en réduisant les dispersions. Tant que la méthode d'exploitation reste la même, nous pouvons agir que sur le facteur temps que nous allons étudier par la suite.

Les faibles pressions tant à la pose qu'à la dépose des piles influencent la dispersion des charges enregistrées par le soutènement au cours des cycles en diminuant la montée en charge et dans certains cas en la supprimant. En effet, les pressions inférieures à 160 bars à la dépose sont liées à celles de la pose inférieures aussi à 160 bars. Cette liaison est montrée par la *figure 73*.

$$\boxed{\begin{array}{l} \text{Dépose} \\ < 160 \text{ bars} \end{array}} = 0,83 \times \boxed{\begin{array}{l} \text{Pose} \\ < 160 \text{ bars} \end{array}} \quad (19)$$

FIG 74

RAPPROCHEMENT DE LA CP ET CC



En d'autres termes, lors de la pose d'une pile les faibles valeurs à la pose se retrouvent à la dépose. Pour cette raison trois méthodes ont été essayées afin de réduire ces faibles valeurs très importantes pour l'homogénéité des charges au cours du temps.

3.1 - DIMINUTION DE L'ECART ENTRE CHARGE DE POSE ET CHARGE DE COULISSEMENT

En gardant une pression au coulisement constante (420 bars) nous avons modifié la pression dans le circuit hydraulique de 200 à 300 bars pour le même soutènement. De cette manière la charge de pose a varié de 51 à 76 T/m.f. avec 106 T/m.f. comme charge au coulisement.

La dispersion des portances (PM) autour de la moyenne est liée à l'écart qui existe entre les charges de pose et de coulisement. Quand cet écart augmente, les dispersions augmentent (*figure 74*).

Le rapprochement de la charge de pose et de la charge de coulisement permet de réduire les dispersions des charges prises par le soutènement marchant.

3.2 - LA POSE ACTIVEE

Dans le même esprit de diminution des dispersions des charges du soutènement, le temps insuffisant de mise en serrage des piles a attiré notre attention. Pour cela un essai de pose activée a été entrepris dans le panneau 2 de la veine 10 (campagne 87) afin de comparer le comportement du soutènement du panneau voisin (campagne 88).

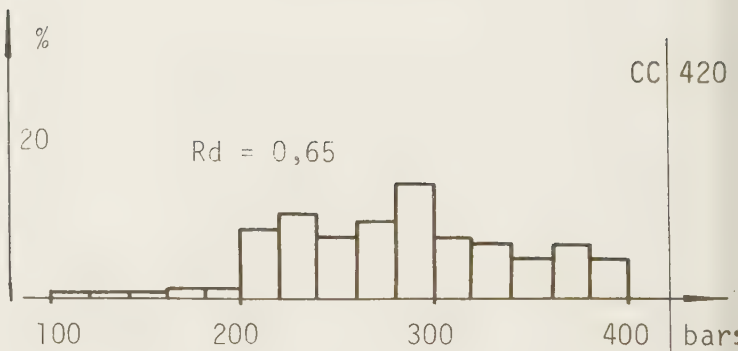
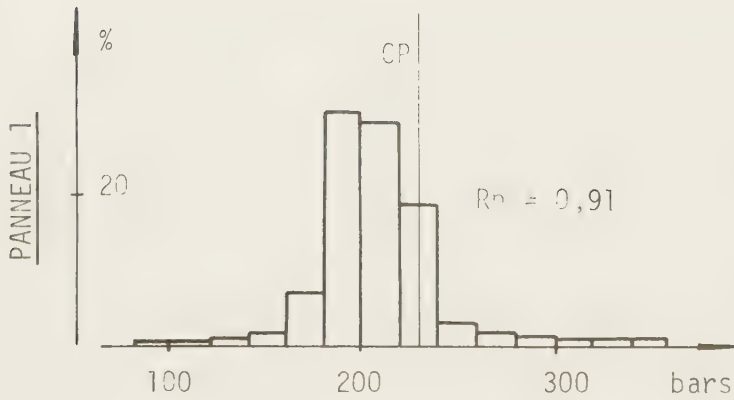
La pose activée consiste à mettre en permanence la pression d'utilisation du réseau hydraulique admise pour le circuit des vérins du soutènement marchant. Ceci va permettre de garantir en permanence une pression dans les vérins du soutènement supérieure ou égale à la pression du circuit hydraulique.

FIG 75

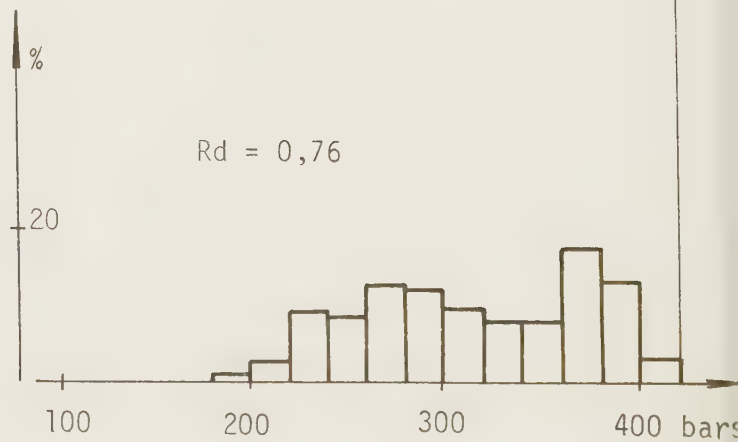
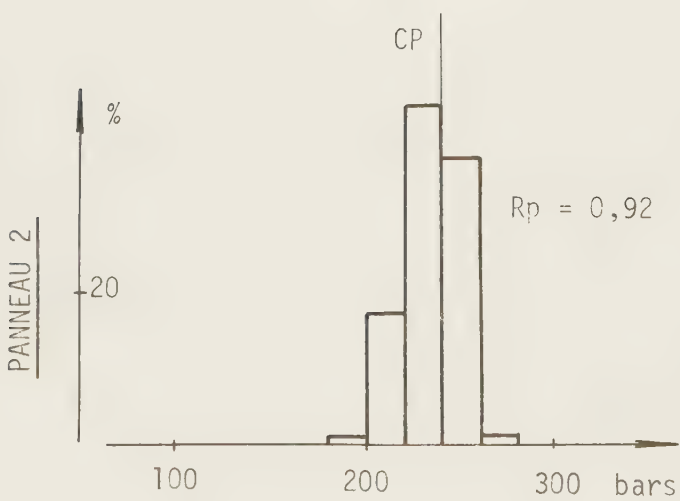
LA POSE ACTIVEE

POSE

DEPOSE



Pose activée



Nous avons tracé les histogrammes des deux panneaux tant à la pose qu'à la dépose du soutènement afin de mesurer l'influence de la pose activée sur les pressions (*figure 75*). Le tableau ci-dessous résume nos observations.

		Panneau 1	Panneau 2 Pose activée
Pression du circuit de pose		230 bars	240 bars
Pose	Rendement	93 %	92 %
	Ecart-type	36 bars	12 bars
Dépose	Rendement	63 %	76 %
	Ecart-type	57 bars	55 bars

Les pressions ainsi mesurées dans le panneau 2 avec la pose activée diffèrent de celles observées dans le panneau 1 par :

- une dispersion plus faible à la pose en supprimant les faibles valeurs, le rendement à la pose restant le même.
- un rendement à la dépose plus fort avec la même dispersion ce qui fait que la portance au cours des cycles est supérieure avec la pose activée.

La pose activée supprime les faibles valeurs à la pose et ainsi diminue la dispersion des pressions et augmente la portance du soutènement.

3.3 - LES SEMELLES LARGES

Dans le cas de la campagne 89, les faibles valeurs tant à la pose qu'à la dépose, très importantes (*figure 65*), sont à lier au mur de schistes charbonneux très tendre.

Cette constatation a donné l'idée d'augmenter la surface des semelles afin de diminuer la charge spécifique exercée au mur par le soutènement et d'agir sur la dispersion des pressions.

Ainsi au cours de la campagne 82 nous avons comparé :

- des piles dont la charge spécifique exercée au mur s'élève à 57 bars quand la charge au coulisement est atteinte.
- des piles ayant les mêmes caractéristiques que les précédentes mais avec des semelles élargies dont la charge spécifique au mur est plus faible : 20 bars.

Malheureusement cette campagne a été menée dans une veine 10 dont le mur se compose de schistes gréseux, ce qui diminue l'influence des semelles. Cependant nous avons tiré les résultats suivants :

Nous avons décomposé la convergence en :

- un enfoncement des piles dans le toit
- un coulisement des vérins
- une pénétration dans le mur ainsi qu'un écrasement des particules de charbon qui tombent du convoyeur blindé et restent sur le mur.

Seule la partie de la convergence qui se traduit en coulisement est contrôlée par le soutènement.

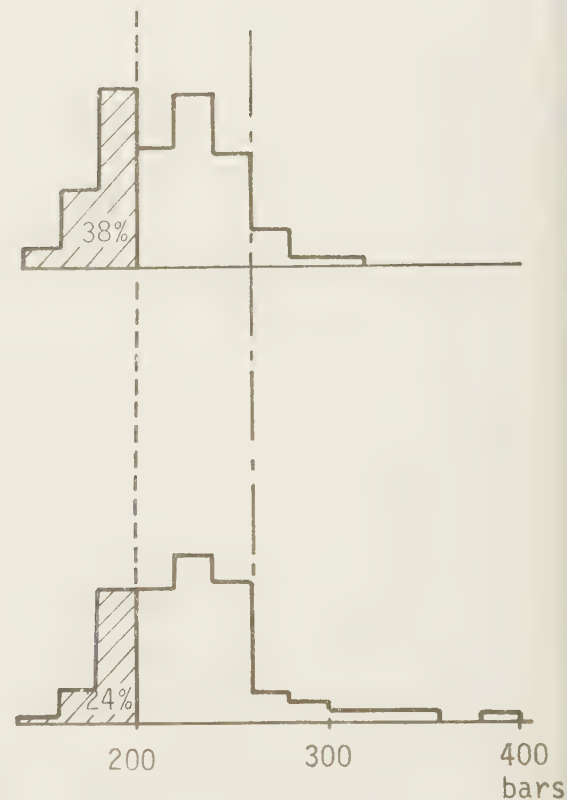
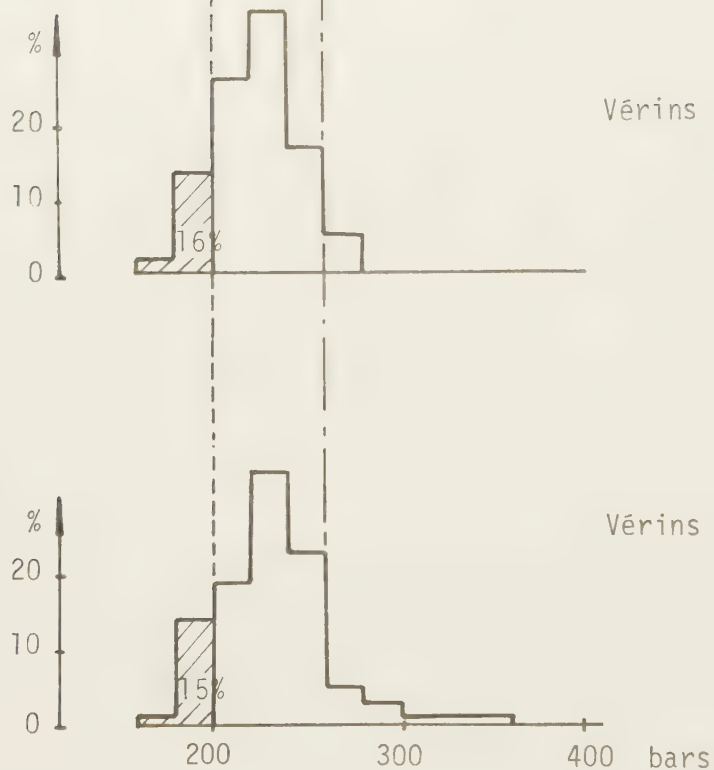
FIG 76

LES SEMELLES LARGES

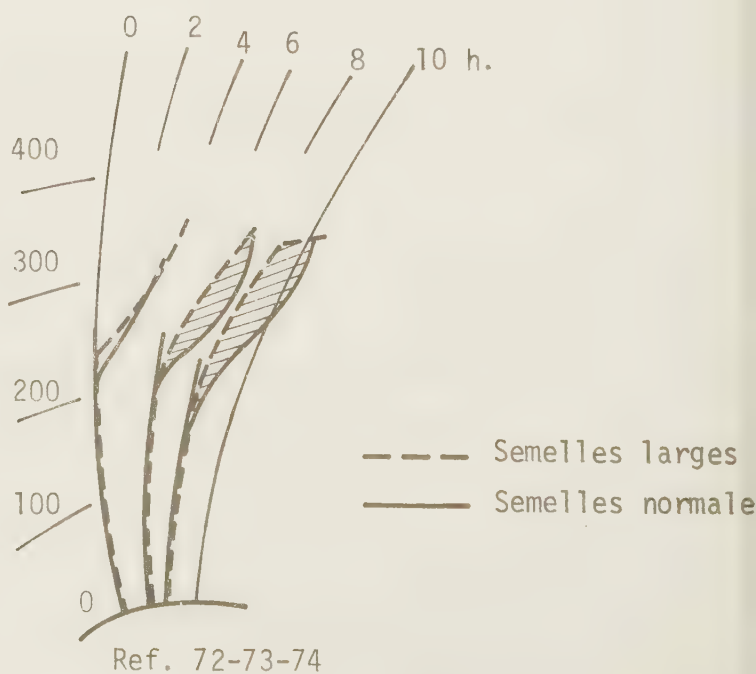
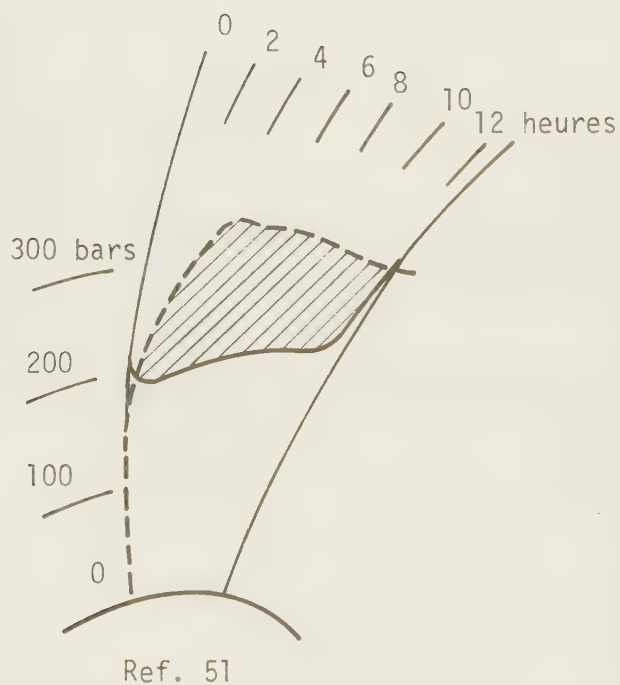
- Pressions à la pose

Semelles larges

Semelles normales



- Enregistrement des pressions



Les résultats des convergences ainsi décomposées sont les suivantes :

% de la convergence	Semelles larges	Semelles normales
Enfoncement du toit	20 %	20 %
Coulissement	36 %	24 %
Pénétration au mur	44 %	56 %

(Vérins avant)

100 %

100 %

Nous constatons que l'enfoncement dans le toit ne varie pas (20 % de la convergence) car les chapeaux sont identiques dans les deux sections et assurent le même contact au toit. Par contre, la pénétration dans le mur est plus faible avec l'introduction de semelles larges : (44 % de la convergence) contre 56 % pour les semelles normales. La conséquence directe de la diminution de la pénétration dans le mur est un meilleur coulissement des piles munies de semelles larges qui va se traduire sur les charges prises par le soutènement.

Comme le montrent les histogrammes des pressions à la pose *de la figure 76*, le nombre des faibles valeurs diminue avec la présence des semelles larges, la dispersion des pressions à la pose diminue aussi comme le montre le tableau des écarts-type :

	Semelles larges		Semelles normales	
Vérins	AV	AR	AV	AR
Ecart-type en bars	20	26	30	43

Par ailleurs le taux d'utilisation du soutènement à la pression de coulissement (durée du coulissement/durée du cycle) est supérieur dans le cas des semelles larges (13 %) à celui des semelles normales (10 %). Quelques exemples d'enregistrement des pressions le montrent. *en figure 76.*

L'introduction des semelles larges a permis ainsi un meilleur fonctionnement du soutènement (coulissement plus important - pénétration au mur plus faible) ce qui a réduit les dispersions des charges à la pose et une montée plus rapide en homogénéisant les charges au cours du temps.

CONCLUSION DE LA QUATRIEME PARTIE

Le comportement du soutènement a mis l'accent sur l'importance de l'homogénéisation des charges. Trois essais ont permis d'agir en ce sens, ils sont présentés dans le *tableau 13*. La 5ème partie comprendra les essais entrepris dans l'arrière taille afin que l'ensemble soutènement marchant - boisage de l'arrière-taille - tassement du remblai, soit plus homogène.

TABLEAU : 13 LES 3 ESSAIS

Essais	Conditions spéciales requises	Résultats
Rapprocher la charge de pose (CP) à la charge au coulissement (CC).	Toit charbon ou schistes charbonneux (1)	Augmentation de la portance moyenne (PM) car CP = PM Diminution de la dispersion des charges
Pose activée	Temps de mise en serrage des piles insuffisant	Diminuer la dispersion à la pose Augmenter la montée en charge
Semelles larges	Mur tendre	Augmenter le coulissement et diminuer la pénétration au mur Diminuer la dispersion à la pose Taux d'utilisation à la CC plus important

(1) Si le toit est de schistes gréseux l'augmentation de la portance augmente la convergence travail.

- CINQUIEME PARTIE -

L'ARRIERE - TAILLE

INTRODUCTION

Nous avons vu l'importance pour les dégradations du toit de l'accélération des mouvements qui se produit dans l'arrière-taille. Dans cette partie nous allons montrer que ce phénomène est dû au faible soutien que le toit trouve dans le boisage et le remblai non tassé.

Deux essais ont été effectué :

- étude d'un "boisage modifié" plus portant que le boisage classique.

- étude d'un remblayage à fort pourcentage de schistes afin de raccourcir la zone de tassement du remblai.

- CHAPITRE I -

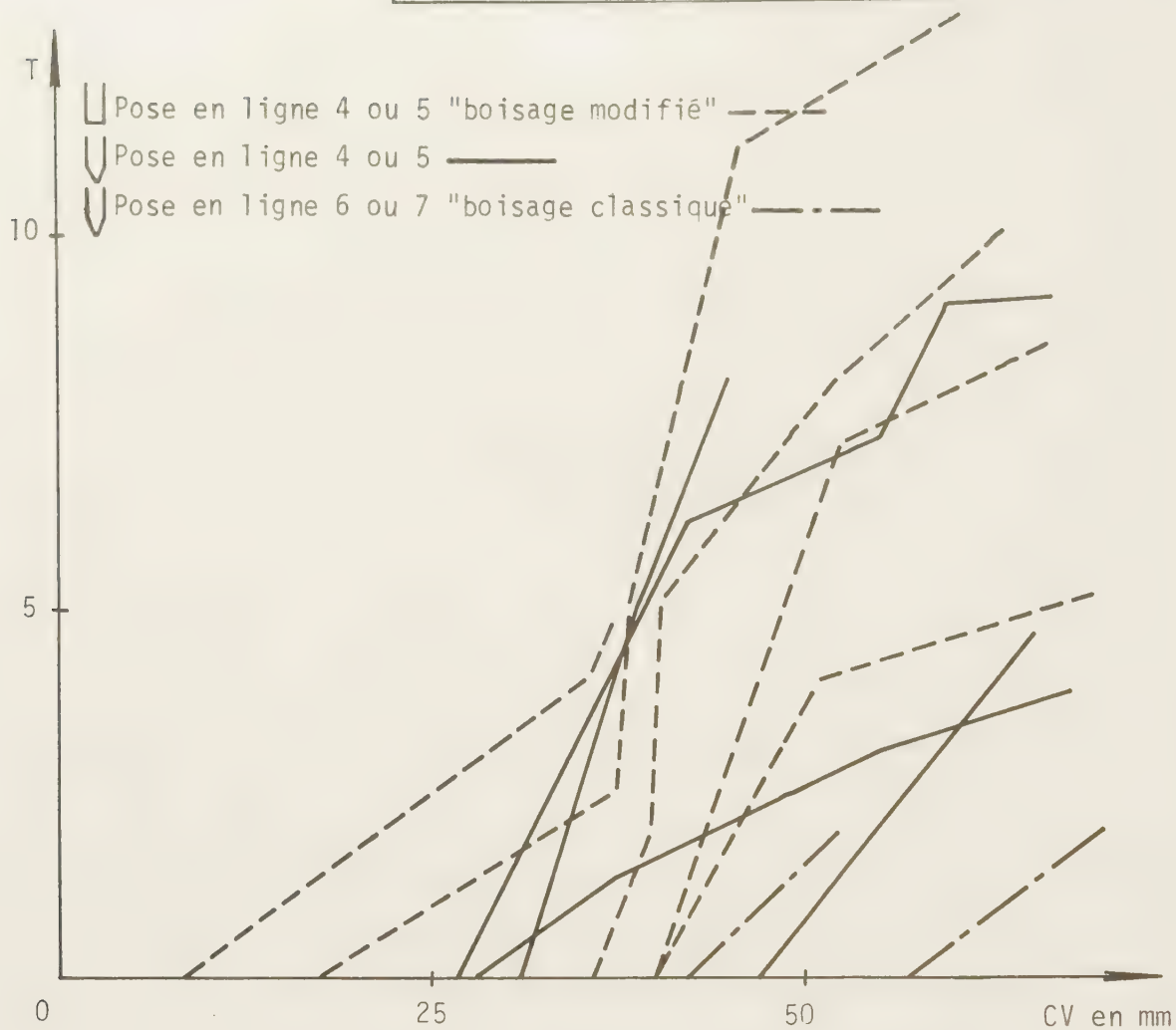
ETUDE "D'UN BOISAGE MODIFIE"
DANS L'ARRIERE-TAILLE

Nous avons formulé l'hypothèse que la forte dégradation du toit qui se produit dans l'arrière-taille avait pour cause la différence de portance entre la zone soutenue par les piles et celle soutenue par le bois et le remblai avant tassement. Afin de réduire cette différence, nous avons essayé d'augmenter la portance des étais de bois par deux moyens :

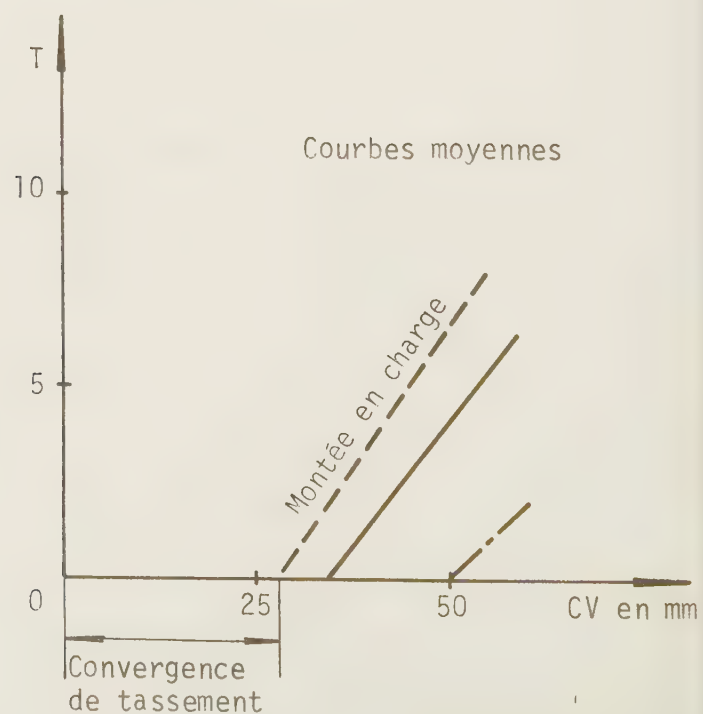
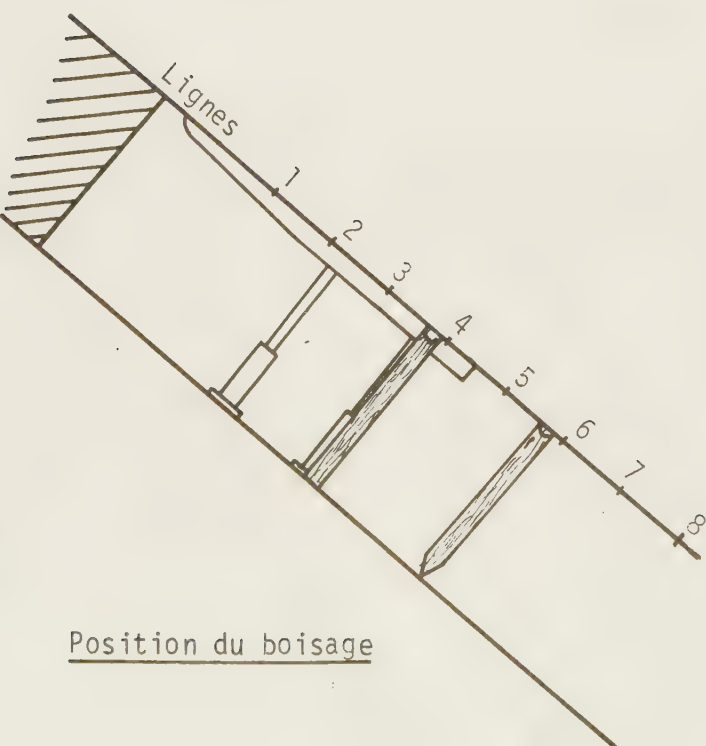
- modifier leur contact avec le mur en supprimant la pointe, et ceci pour réduire "la convergence de tassement" convergence nécessaire pour qu'un étau commence à porter.

- poser plus près du front, c'est-à-dire, boiser entre les piles, afin d'accélérer le tassement. Ceci présente de plus l'avantage d'une meilleure sécurité de travail.

Le boisage classique (étais avec pointe posés derrière le soutènement) a été comparé au *boisage modifié* (étais sans pointe posés au niveau des vérins arrière) selon un plan d'expérience défini par le tableau 5.



Portance des bois et convergence des épontes



1.1 - PORTANCE DES ETAIS

Si nous suivons l'évolution de la portance des bois en fonction de la convergence des épontes, nous trouvons les liaisons de la *figure 77*. Nous distinguons deux parties :

- la phase de tassement où les bois s'écrasent et s'enfoncent sans qu'ils portent
- la phase de la montée en charge assimilée à une droite caractérisée par un module (pente de la droite).

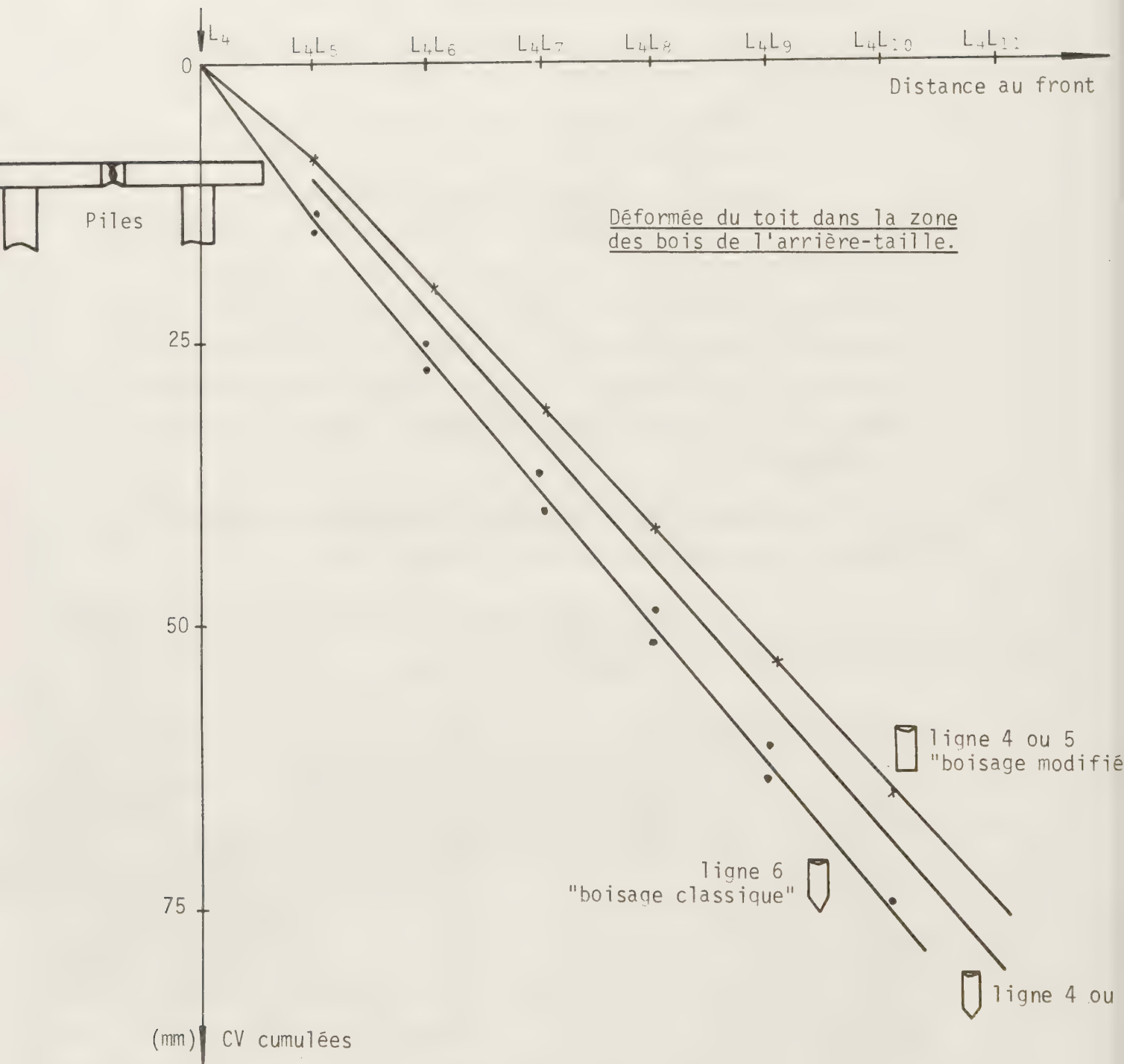
En supprimant la pointe au mur, on diminue la pénétration ce qui réduit la convergence pendant le tassement. En effet, cette convergence passe de 50 mm pour le boisage classique à 28 mm pour le boisage modifié. La montée en charge se fait avec un module plus faible : 0,10 T/mm pour le boisage classique contre 0,30 T/mm pour le boisage modifié.

Le tableau suivant montre l'évolution de la portance en fonction de la distance au front et du type de bois.

	"boisage modifié"		"boisage classique"	
	ligne 4 ou 5 └┘	ligne 4 ou 5 └┘	ligne 6 └┘	ligne 7 └┘
Nombre d'essais	7	7	6	4
Tonnes en ligne 4	0	0	-	-
Tonnes en ligne 5	0	0	-	-
Tonnes en ligne 6	0	0	0	
Tonnes en ligne 7	1	0,8	0	0
Tonnes en ligne 8	2	2	0	0
Tonnes en ligne 9	6	4	0	0
Tonnes en ligne 10	6,5	4	0,6	0,5
Tonnes en ligne 11	9	5,5	3	1
Tonnes en ligne 12	10	6,5	5	2
Tonnes en ligne 13	12	8	7	3,5

FIG 78

BOISAGE DE L'ARRIERE TAILLE CAMPAGNE 85



Nous constatons qu'en ligne 9, le boisage classique a une portance nulle, par contre le boisage modifié porte 6 tonnes soit une pression de 0,3 bars.

En modifiant les contacts des bois et leur disposition par rapport au front, on a pu augmenter la portance des bois. Le "boisage modifié" (sans pointe au mur, posé au niveau des vérins arrière) exerce plus rapidement une résistance au déplacement du toit. Avec le boisage classique (pointe au mur posée derrière le soutènement) un grand nombre d'étais ne sont pas montés en charge lors de leur disparition dans le remblai.

La modification de la portance des bois va influencer le comportement de l'arrière-taille. Le toit de la veine ne s'étant pas dégradé, nous nous appuierons sur l'étude des mouvements des épontes.

1.2 - MOUVEMENTS DES ÉPONTES

Nous avons tracé la déformée du toit dans l'arrière-taille dans les différentes zones équipées d'un type de boisage différent. (figure 78).

Nous constatons que la convergence de la zone équipée d'un boisage classique est plus importante (20 mm/m) que celle de la zone équipée avec le boisage modifié (15 mm/m) ; la réduction des mouvements atteint 25 %. La convergence sur les piles étant identique dans les deux cas (10 mm/m), le basculement du toit dans l'arrière-taille a été réduit de 50 % comme le montre le tableau ci-dessous :

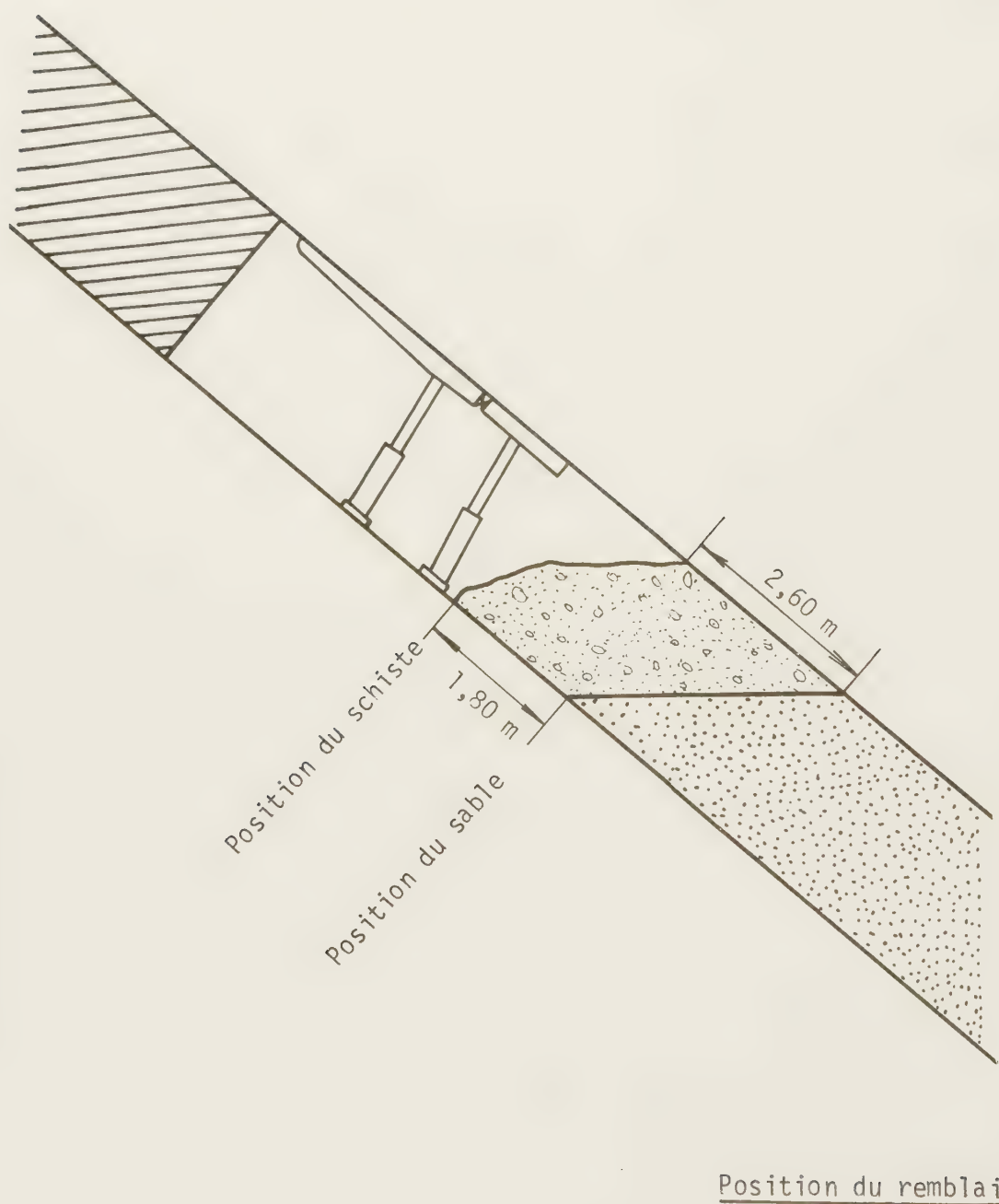
	Piles	Arrière-taille	Basculement
Boisage classique	10	15	5
Boisage modifié	10	20	10

convergence
en mm/m

Ainsi, cet essai prouve que la faible portance des bois est à l'origine des phénomènes observés dans l'arrière-taille. Elle montre également qu'il est possible d'agir sur les mouvements du toit dans cette zone par des modifications peu importantes du soutènement bois.

FIG 79

RACCOURCISSEMENT DE LA ZONE DE TASSEMENT DU REMBLAI
CAMPAGNE 84



- CHAPITRE II -

RACCOURCISSEMENT DE LA ZONE DE TASSEMENT DU REMBLAI

Dans le but de raccourcir la zone de tassement du remblai, un remblayage à forte proportion de *schistes* posé plus près du front a été comparé au remblayage classique de *sable* (campagne 84).

Les paramètres qui ont varié (composition et position du remblai) vont influencer le comportement du remblai (zone de tassement) qui en définitive agira sur le comportement de la taille (mouvements des épontes et délavage du front).

2.1 - PARAMETRES QUI ONT VARIE

Deux paramètres ont varié :

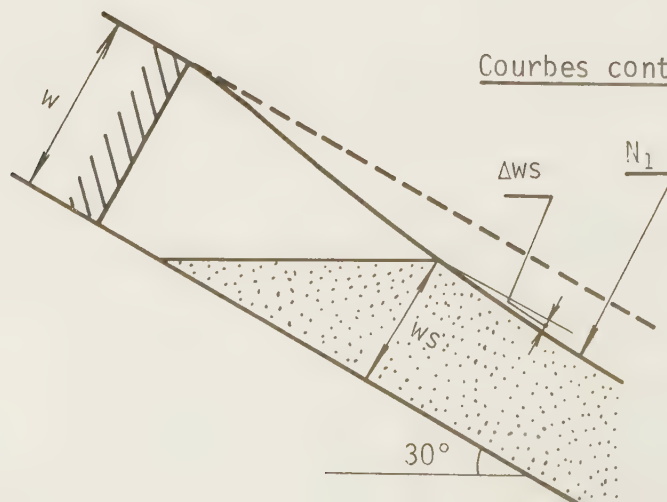
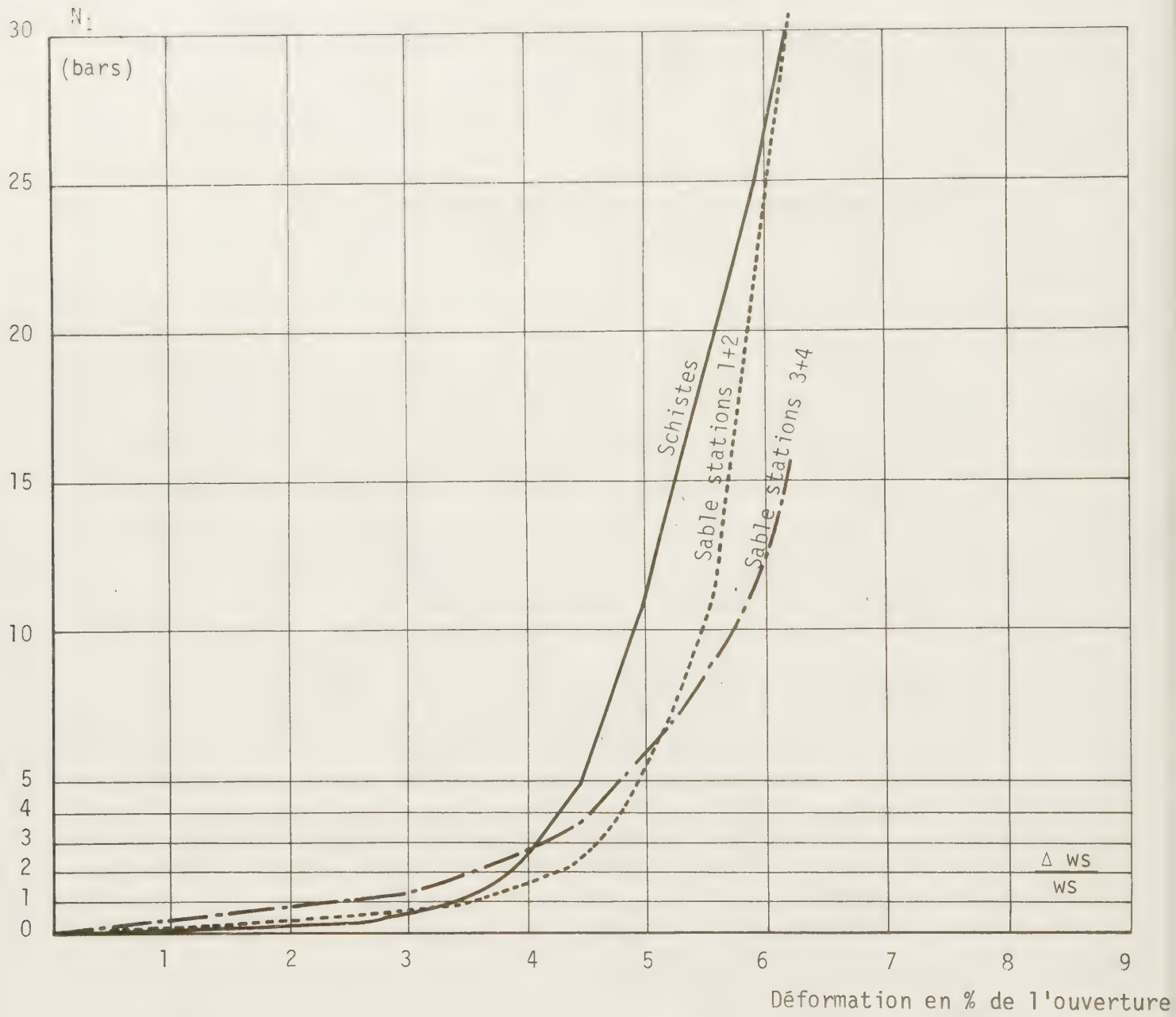
- la composition du remblai ; comparaison du remblai classique au sable (40 % eau - 60 % sable)⁽¹⁾ et le remblai à fort pourcentage de schistes (54 % eau - 8 % sable - 38 % schistes)⁽¹⁾ à granulométrie plus grande.

- la position du remblai par rapport au front; le remblai à schistes a pu être posé plus près du front par rapport au remblai de sable de 1,80 m au mur et 2,60 m au toit (*figure 79*). Le remblai au sable suit les lignes de niveau qui ne sont pas nécessairement parallèles au front de charbon. Par contre, le remblai à schistes posé par injection latérale ne suit pas les lignes de niveau : sa granulométrie plus importante assure un clavage au toit, ce qui réduit la distance remblai-front.

⁽¹⁾ Poids eau/Poids sec.

FIG 80

RACCOURCISSEMENT DE LA ZONE DE TASSEMENT DU REMBLAI
CAMPAGNE 84



Courbes contrainte-déformation du remblai

2.2 - COMPORTEMENT DU REMBLAI

Les deux paramètres (composition et position) ont influencé le comportement du remblai. Des mesures de convergence et de contraintes dans le remblai montrent que :

- les convergences dans le remblai sont plus fortes dans la section sable qu'en section schistes.

- la forme des courbes caractéristiques (contraintes - déformation) du sable et du schiste montre que le tassement du remblai est réalisé (*figure 80*):

dans le sable, pour une convergence de 4,5 % de l'ouverture et 3 à 4 bars de contrainte, ce qui correspond à une distance au front de 19,30 m en moyenne.

dans le schiste, pour une convergence de 4 % de l'ouverture et 3 bars de contrainte, ce qui correspond à une distance au front de 14 m en moyenne.

Ceci fait que le tassement du remblai de schistes s'effectue 5,3 m en moyenne plus près au front.

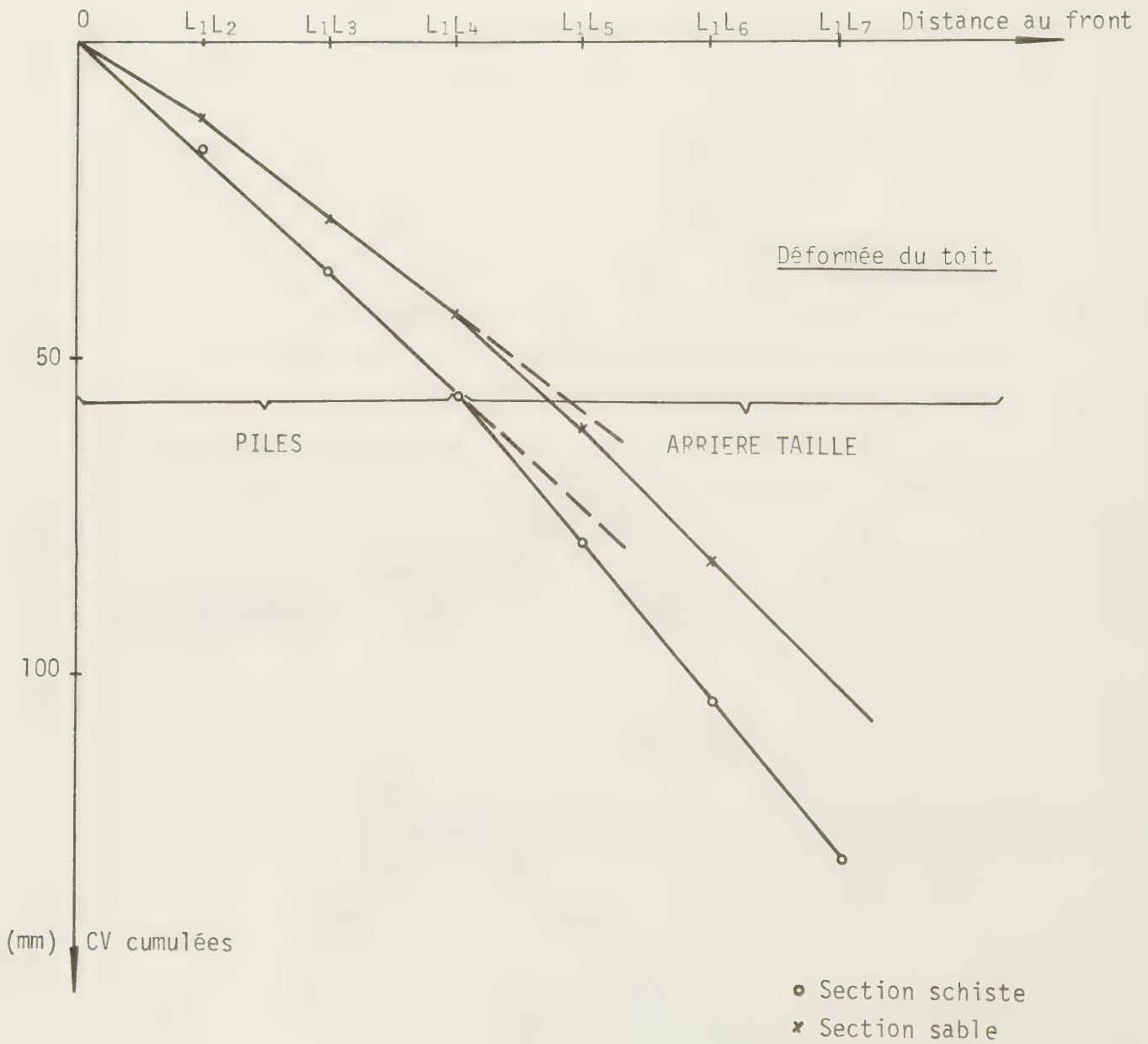
Le fait que le remblai de schistes soit posé 2,60 m plus près du front ne suffit pas à expliquer cette différence. Il faut faire intervenir la composition du remblai : les schistes de granulométrie plus forte se tassent plus vite.

2.3 - COMPORTEMENT DE LA TAILLE

Le raccourcissement de la zone de tassement du remblai de schiste par rapport à la zone remblayée au sable va influencer le comportement de la taille.

FIG 81

RACCOURCISSEMENT DE LA ZONE DE TASSEMENT DU REMBLAI
CAMPAGNE 84



Les mouvements des épontes sont plus faibles et moins dispersés dans la section des schistes. La descente du toit sur le soutènement, 26 mm/m en zone de sable (*figure 81*) passe à 20 mm/m en zone de schistes ; la dispersion étant plus forte en zone sable ($\sigma/m = 0,7$ en sable et 0,5 en schistes).

Le basculement du toit dans l'arrière-taille est le double en section sable, 10 mm/m contre 5 mm/m en section schistes.

Le délavage moyen du front dans cette campagne a été légèrement plus fort en section sable : 70 cm contre 56 cm en section schistes.

Ainsi, cette expérience montre que le raccourcissement de la zone du tassement du remblai permet de réduire considérablement les convergences sur les piles et l'arrière-taille ainsi que le délavage du front.

En effet, si on fait la comparaison avec un remblai classique de sable, le remblai utilisé (fort pourcentage de schistes), mis juste derrière les piles, assure un bon clavage au toit et permet de rapprocher de 5 m l'endroit où le remblai se tasse. Ceci a permis de diminuer les convergences, le basculement du toit derrière les piles et le délavage du front.

Le tableau suivant résume les principaux résultats. Comme inconvénient dans le cas du remblayage de schistes dans cette méthode, nous notons la forte proportion d'eau à évacuer.

TABLEAU 14 :

COMPARAISON DES DEUX REMBLAIS

	Paramètres	Sable	Schiste
Paramètres qui ont varié	Composition : eau	40%	54%
	sable	60%	8%
	schiste	-	38%
	Position moyenne par rapport aux piles		
	- mesurée au mur	3,4 m	1,60m
	- mesurée au toit	6,30m	3,70m
Comportement du remblai	Tassement du remblai par rapport au front	19,30m	14 m
Comportement de la taille	- Mouvements des épontes		
	. Convergence sur les piles	26mm/m	20mm/m
	. Ecart-type/moyenne	0,7	0,5
	. . Basculement dans l'arrière-taille	10mm/m	5mm/m
	Délavage du front	76 cm	56 cm

CONCLUSION DE LA CINQUIEME PARTIE

Le traitement de l'arrière-taille semble être le point faible de la méthode d'exploitation. Il entraîne un basculement du toit et des dégradations plus importantes que sur le toit soutenu par les piles. Deux essais ont montré qu'on pouvait agir sur le comportement de l'arrière-taille. En effet, nous avons réduit les mouvements et le basculement du toit (*tableau 15*):

- en adoptant un "boisage modifié" plus portant que le boisage classique : les bois sont posés plus près du front entre les piles, et la pointe au mur est supprimée.

- en modifiant la composition du remblai avec un remblai à fort pourcentage de schiste posé plus près au front et qui assure un meilleur clavage au toit. La raccourcissement de la zone de tassement ainsi obtenu a permis ici de réduire les mouvements non seulement dans l'arrière-taille mais également au dessous du soutènement.

TABEAU 15 : DIMINUTION DES MOUVEMENTS EN TAILLE

	Sur le soutènement	Dans l'arrière-taille	Basculement du toit
Boisage modifié(1)	-	25 %	50 %
Remblai à schistes(1)	25 %	30 %	50 %

(1) Comparaison avec le boisage classique et le remblai de sable.

CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES

La méthode d'exploitation des tailles en semi-dressants des Houillères du Bassin de Lorraine a évolué vers la mécanisation complète de l'abattage et du soutènement. Cette méthode, par taille montante et remblayage hydraulique, hautement mécanisée a permis d'obtenir des résultats excellents mais s'est parfois heurtée à de grandes difficultés dues au comportement du toit.

Pour rechercher les causes et les solutions pratiques, une expérimentation importante a été réalisée dans 4 veines qui représentent 70 % du tonnage extrait par tailles mécanisées pendant la période de l'expérimentation (1968-1972).

Cette expérimentation a permis :

- de dégager les facteurs qui influencent le mécanisme du comportement des terrains autour de ce type d'exploitation.
- de classifier les problèmes des semi-dressants en essayant des modifications de certains paramètres de la méthode d'exploitation (soutènement marchant, boisage de l'arrière-taille et remblai) et en menant parallèlement une étude approfondie sur les interactions des travaux réalisés dans les différentes veines d'un même champ d'exploitation.

A) - MECANISME DU COMPORTEMENT DES TERRAINS EN SEMI-DRESSANTS

Nous allons distinguer deux différences fondamentales entre le comportement des longues taille en semi-dressants et celui des longues tailles de plateure :

- la géométrie du chantier (pendage) et la méthode utilisée (taille montante, remblai hydraulique) font que derrière les piles du soutènement marchant une grande partie du toit reste découverte dans l'arrière-taille jusqu'au remblai. Ceci nécessite la pose d'un soutènement de bois, dans cette zone de taille, car on ne peut admettre le foudroyage du toit même localisé. Les mouvements des épontes et la dégradation du toit sont plus importants dans l'arrière-taille que dans la partie soutenue par les piles, car il existe un déséquilibre de portance entre le toit soutenu par le soutènement marchant et le toit soutenu par le soutènement bois mis en place derrière les piles.

Ce dernier ne porte qu'après l'écrasement préalable du système bois et épontes. La zone effectivement soutenue ne commence qu'à 2 m environ derrière les piles, en conséquence, un basculement du toit se produit juste derrière le soutènement marchant dans cette zone pratiquement non soutenue.

- le traitement de l'arrière-taille par remblai hydraulique :
Le remblai hydraulique remplissant une grande partie du vide exploité va influencer l'affaissement maximum du toit dans le remblai au-dessus des vieux travaux mais aussi les mouvements des épontes dans la partie ouverte de la taille.

Des mesures effectuées dans le remblai ont permis de mettre en évidence une zone peu portante dans laquelle le remblai se tasse (les mouvements sont importants et les contraintes croissent lentement) et une zone résistante où les mouvements s'amortissent et les contraintes croissent rapidement. Le passage de la zone de tassement à la zone résistante s'effectue à une distance moyenne de 20 m du front de la taille.

Les contraintes croissent en phase résistante (mouvements stabilisés) mais n'atteignent pas le niveau des contraintes qui serait du au seul poids des terrains. Cet écart est d'ailleurs plus important dans les veines détendues par d'autres exploitations sous ou sus-jacentes (de 1 : 4 à 1 : 7) que dans les veines non influencées par la présence d'autres exploitations (1 : 3).

De plus les mesures dans le remblai ont permis de mesurer l'affaissement maximum du toit au-dessus des vieux travaux. Celui ci a donc pu être mesuré depuis la découverte du toit par la haveuse jusqu'à la stabilisation des mouvements loin dans le remblai (60 à 80 m du front).

L'affaissement maximum a permis de :

- calculer le coefficient de remblayage (quotient de l'affaissement maximum à l'ouverture) qui a été trouvé égal à 0,13 pour nos chantiers. Un tel coefficient témoigne de faibles mouvements relativement à l'ouverture pour les tailles de semi-dressants. Dans les mêmes conditions d'ouverture et de profondeur une taille en plateure foudroyée présente des mouvements 4 fois plus forts qu'une taille de semi-dressants avec remblayage hydraulique de l'arrière-taille.

- trouver une liaison directe entre les convergences en taille (CV) et l'affaissement maximum (A_m) : $CV = 0,23 A_m^{3/4}$. Ceci permet de valider, dans le cas des semi-dressants, la formule statistique de prévision des convergences $CVG = 200 (q_w^{3/4} H^{-1/4})$ établie pour les tailles de plateures. Le raccordement à cette formule témoigne de la conformité au modèle qu'elle représente et met ainsi en évidence la continuité des terrains au-dessus de la taille exploitée.

- mettre en évidence la diminution des mouvements des épontes d'une exploitation préalablement détendue par des exploitations sous ou sus-jacentes situées à des stamperies inférieures à 60 m. Les mouvements y sont 27 % inférieurs à ce qu'ils sont dans une exploitation non influencée.

Ce phénomène de la détente influence non seulement la convergence en taille mais aussi l'affaissement maximum qui sont tous deux réduits par la présence d'une exploitation antérieure sous ou sus-jacente.

- la fracturation naturelle : En semi-dressants, comme en plateaux nous avons mis en évidence par des mesures pressiométriques dans le charbon l'existence des 4 zones en *avant du front* :

- Une zone, loin du front, où les terrains sont en équilibre
- Une deuxième zone où les contraintes croissent lentement on y admet un comportement élastique des terrains
- Une troisième zone où les contraintes passent par un maximum : les conditions nécessaires sont alors remplies pour qu'apparaisse une fissuration due à l'exploitation. Les déplacements sont faibles mais un délavage du front (chute de charbon) se produit, ce phénomène est très important dans le cas des semi-dressants et s'accroît avec le pendage.
- Enfin une quatrième zone où les contraintes chutent et où les déplacements sont importants.

En taille, l'étude de la dégradation du toit a mis en évidence l'importance de la fracturation naturelle. Elle conditionne principalement les résultats de ces chantiers. La fracturation d'exploitation est par contre peu importante contrairement à ce qui a été généralement observé dans les tailles en plateaux foudroyés.

En semi-dressants, la méthode d'exploitation impose des contraintes sur le choix préférentiel de la direction de taille. Le front est montant et perpendiculaire à la direction de la plus grande pente. Ceci fait que la fracturation naturelle parallèle au front (stichs) prend une plus grande importance. Il y a une liaison significative entre la présence des stichs et la surface éboulée du toit qui a son tour influence la vitesse d'avancement de la taille. Cette dernière atteint 1 m/jour (avancement d'une taille non mécanisée) pour un seuil de 10 à 14 % de surface éboulée. Ce seuil au-delà duquel la mécanisation n'est donc plus rentable est bien plus faible que celui des tailles en plateures.

La bonne tenue du matériel de la taille, sa bonne conduite et le maintien du front de charbon pour empêcher le délavage du front permettent de maîtriser dans certains cas l'influence des "stichs" sur l'avancement de la taille. Une étude systématique sur la localisation des stichs dans un panneau donné ouvrirait des nouvelles perspectives pour l'exploitation des veines réputées par une forte tectonique.

B) - CLASSIFICATION DES PROBLEMES DES SEMI-DRESSANTS :

Le mécanisme du comportement des terrains en semi-dressants nous a conduit à la classification suivante des problèmes :

B1) Le volume d'influence d'une exploitation :

Le volume d'influence d'une exploitation délimite :

- des zones où les effets de cette exploitation se traduisent par des fortes contraintes entraînant des dégradations (forts mouvements - délavage du front - chutes de toit). Dans ces zones la probabilité d'avoir des perturbations gênant l'avancement d'une future taille est plus importante.
- d'autres zones par contre où les perturbations disparaissent et où l'exploitation ultérieure est par contre facilitée.

Dans les premières zones une taille ressentira "l'effet de limite" d'exploitation produit par la culée des contraintes qui se développe à la limite d'exploitation d'une veine sous ou sus-jacente.

Pour les secondes, une taille ressentira "l'effet de détente" du aux phénomènes de montée des terrains au-dessous de l'exploitation ou encore à l'affaissement des terrains situés au-dessus de la zone exploitée.

En conséquence :

a) - La dimension du volume d'influence d'une exploitation permettra de préciser les zones dangereuses et de prendre les précautions nécessaires lors du découpage des panneaux et à l'approche de ces zones. Nous avons précisé que :

"les effets de limite" (perturbations) en taille se manifestent jusqu'à 60 m au mur et 60 m au moins au toit d'une exploitation. Pour des profondeurs plus importantes (100 à 120 m) les phénomènes sont localisés et moins importants.

"les effets de détente" (améliorations) sont appréciables en taille jusqu'à 60 m au mur et 60 m au moins au toit d'une exploitation. Pour des profondeurs plus grandes au mur, la détente n'est pas décelable en taille.

b) - Dans l'optique d'un faisceau vierge, hors de toute influence, une veine égide présentera des difficultés d'exploitation. Pour adopter la méthode mécanisée, nous devons choisir la veine qui présente les meilleures conditions possibles de lithologie du toit, faute de quoi, l'exploitation par attaques multiples sera préférable.

Exploitée, la veine égide va détendre les terrains à son voisinage. Des tailles mécanisées traverseront alors les terrains détendus dans de meilleures conditions.

L'ordre de prise des veines du faisceau est alors très important. Si nous adoptons la *détente des veines par le mur*, les zones perturbées par les effets de limite d'exploitation seront moins importants que dans le cas de la *détente par le toit*. La détente des veines par le toit va provoquer au démarrage des tailles des perturbations importantes qui peuvent mettre en cause la méthode mécanisée si la lithologie du toit et le délavage du front favorisent les dégradations.

B2) La portance du soutènement marchant :

L'augmentation de la portance du soutènement n'a pas modifié les mouvements des épontes au cours des cycles car les toits étudiés sont sensibles envers le soutènement : l'impulsion de la convergence qui se donne pendant le travail⁽¹⁾ est très important et vient annuler les effets (bénéfiques) lors du serrage des piles. Cependant l'étude du comportement du soutènement marchant a permis de montrer l'importance de l'homogénéité des charges. Cette homogénéité est mise en défaut d'une part au cours du cycle par le ripage des piles et la pénétration dans les épontes et, d'autre part à cause de la chute de portance dans l'arrière-taille.

Tant que le problème de l'arrière-taille ne sera pas résolu, l'augmentation de la portance par rapport aux normes actuelles du soutènement sera sans intérêt : la véritable mécanisation de la méthode, devrait supprimer la discontinuité sur la mise en place du remblai qui est l'obstacle principal. De plus, l'introduction d'un autre type de soutènement (soutènement bouclier avec barrage ripable) serait une tentative intéressante afin de maîtriser la dégradation du toit par l'intermédiaire de l'augmentation et de l'homogénéisation de la portance.

En attendant la résolution de ces progrès technologiques, trois méthodes ont été essayées pour homogénéiser les charges de soutènement marchant au cours du temps.

a) - Rapprochement de la charge de pose à la charge au coulissement : Nous avons démontré que la portance moyenne des cycles est égale à la charge de pose nominale du soutènement. Ceci nous conduit à rapprocher la charge de pose de la charge au coulissement, ce qui réduit la dispersion des charges prises par le soutènement et concurremment la portance moyenne au cours des cycles est augmentée.

b) - La pose activée (maintien permanent de la pression du cricuit de pose dans les vérins) a permis également de diminuer la dispersion des charges prises par le soutènement.

⁽¹⁾ *Havage et ripage du soutènement.*

B2) La portance du soutènement marchant :

L'augmentation de la portance du soutènement n'a pas modifié les mouvements des épontes au cours des cycles car les toits étudiés sont sensibles envers le soutènement : l'impulsion de la convergence qui se donne pendant le travail⁽¹⁾ est très important et vient annuler les effets (bénéfiques) lors du serrage des piles. Cependant l'étude du comportement du soutènement marchant a permis de montrer l'importance de l'homogénéité des charges. Cette homogénéité est mise en défaut d'une part au cours du cycle par le ripage des piles et la pénétration dans les épontes et, d'autre part à cause de la chute de portance dans l'arrière-taille.

Tant que le problème de l'arrière-taille ne sera pas résolu, l'augmentation de la portance par rapport aux normes actuelles du soutènement sera sans intérêt : la véritable mécanisation de la méthode, devrait supprimer la discontinuité sur la mise en place du remblai qui est l'obstacle principal. De plus, l'introduction d'un autre type de soutènement (soutènement bouclier avec barrage ripable) serait une tentative intéressante afin de maîtriser la dégradation du toit par l'intermédiaire de l'augmentation et de l'homogénéisation de la portance.

En attendant la résolution de ces progrès technologiques, trois méthodes ont été essayées pour homogénéiser les charges de soutènement marchant au cours du temps.

a) - Rapprochement de la charge de pose à la charge au coulissement : Nous avons démontré que la portance moyenne des cycles est égale à la charge de pose nominale du soutènement. Ceci nous conduit à rapprocher la charge de pose de la charge au coulissement, ce qui réduit la dispersion des charges prises par le soutènement et concurremment la portance moyenne au cours des cycles est augmentée.

b) - La pose activée (maintien permanent de la pression du circuit de pose dans les vérins) a permis également de diminuer la dispersion des charges prises par le soutènement.

(1) *Havage et ripage du soutènement.*

c) - L'emploi de semelles larges a permis un meilleur fonctionnement du soutènement en réduisant les dispersions des charges à la pose et une montée en pression plus rapide, en homogénéisant les charges au cours du temps.

B3) - L'arrière-taille :

Nous avons mis en évidence l'importance des dégradations du toit et l'accélération des mouvements dans l'arrière-taille, phénomènes liés au faible soutien que le toit trouve dans le boisage et le remblai non tassé.

Deux essais ont montré qu'on pouvait agir sur le comportement de l'arrière-taille et réduire les mouvements des épontes. Ceci a été permis :

- en adoptant un "boisage modifié" plus portant que le boisage classique : les bois sont posés plus près du front (entre les piles) et la pointe au mur est supprimée.
- en modifiant la composition du remblai avec un remblai à fort pourcentage de schiste posé plus près du front et qui assure un meilleur clavage au toit. Le raccourcissement de la zone de tassement ainsi obtenu a permis ici de réduire les mouvements dans la partie ouverte de la taille.

Ces essais peuvent être utilisés dans le cadre de la méthode actuelle, quand on se trouve dans des conditions difficiles dans l'arrière-taille.

Aux termes de cette étude, nous constatons d'abord que la mécanique des terrains autour d'une exploitation en semi-dressants n'est pas très différente de celle autour des tailles de plateures, et que l'on retrouve les mêmes phénomènes : existence d'une culée de contraintes en avant des fronts des tailles et à l'aplomb des limites d'exploitation, montée des terrains sous-jacents à l'exploitation et affaissement des terrains sus-jacents.

Les lois qui régissent ces phénomènes sont qualitativement semblables mais diffèrent parfois du point de vue quantitatif à cause du pendage, de la méthode d'exploitation et du remblayage hydraulique.

Dans le cadre de la méthode actuelle d'exploitation, il nous a été possible de montrer comment certains choix pouvaient permettre d'améliorer le comportement du chantier et par le même, les résultats.

Comme l'ont montré les études antérieures relatives à d'autres gisements, il apparaît que le choix le plus important et qui détermine le comportement du chantier est celui de sa position par rapport aux autres exploitations antérieures ou en cours.

Une fois ce choix fait, il est cependant possible d'agir dans une certaine mesure sur le comportement de la taille par l'intermédiaire du soutènement et le traitement de l'arrière-taille.

Au-delà de ces analogies, cette étude a permis de préciser comment faire ces choix ; cependant la complexité et la diversité des phénomènes miniers incitent à compléter ces éléments de connaissances par de nouvelles études.

De telles études, dont certaines sont déjà en cours, permettront de mieux définir le volume d'influence d'une exploitation en tenant compte en particulier de la nature des terrains avoisinant l'exploitation, d'essayer de nouveaux soutènements quand les progrès technologiques nécessaires le permettront, et de contribuer ainsi à l'évolution de la méthode en étudiant l'effet des améliorations qui peuvent lui être apportés.

BIBLIOGRAPHIE

- {1} VIDAL V.
Exploitation des mines - Tome III
- {2} BOUVIER M. et ELLIE M.
La modernisation des méthodes d'exploitation par remblayage
hydraulique aux Houillères du Bassin de Lorraine
Documents techniques des Charbonnages de France n° 3, Octobre 1961.
- {3} DGA-DEX
Direction des exploitations du fond des H.B.L.
Rapport annuel "1971".
- {4} JAEGER C. et LORY M.
Mécanique du front de taille
Documents techniques des Charbonnages de France n° 4, 1970.
- {5} JOSIEN JP
Le fonctionnement du soutènement et son influence sur le comportement
du toit en taille
5ème Conférence Internationale sur les pressions de terrain
Londres 1972.
- {6} POIROT R.
Mesures de contraintes dans le foudroyage
Publication CERCHAR n° 14715 - Juillet 1972.
- {7} POIROT R.
Procédé de mesure des contraintes et des déformations dans un
remblai minier
Documents techniques des Charbonnages de France n° 6, 1971.
- {8} SCHWARTZ B.
Etude des mouvements des épontes dans les exploitations minières
Extrait de la "Revue de l'Industrie Minérale", volume 42, n° 5 et 6,
Mai-Juin 1960.
- {9} CHAMBON C.
Influence des différents facteurs naturels ou d'exploitation sur les
convergences dans les tailles
Extrait de la "Revue de l'Industrie Minérale", volume 47, n° 3
Mars 1965.
- {10} HELLWIG F.
Influence de la méthode de remblayage et de l'inclinaison de la
veine sur l'affaissement total
"GLUCKAUF" Novembre 1950.

- {11} PITSILIS J.
Etude du comportement du toit de la taille en veine Schwalbach
Rôle du soutènement marchant à haute portance.
Extrait de la "Revue de l'Industrie Minérale" numéro Spécial,
Juillet 1970.
- {12} JOSIEN JP
Fracturation des terrains houillers dans les longues tailles
Symposium de la S.I.M.R. de Nancy, 1971.
- {13} MAURER A.
Rentabilité d'emploi du polyuréthane en taille et en voie
"GLUCKAUF", Octobre 1972.
- {14} LEONTIDIS M.
Les effets du volume d'influence d'une exploitation sur une taille
en semi-dressants
Publication Laboratoire de Mécanique des Terrains - CERCHAR Nancy -
Novembre 1972.
- {15} DEJEAN M., MARTIN F. et RAFFOUX JF
Déformations des galeries au rocher sous l'influence d'une exploitation
Extrait de la "Revue de l'Industrie Minérale", Volume 53, n° 1
Janvier 1971.
- {16} DEJEAN M. et MARTIN F.
Influence de l'exploitation d'une longue taille sur les ouvrages
sous-jacents
Extrait de la "Revue de l'Industrie Minérale", Numéro Spécial Mine
n° 3, Décembre 1972.
- {17} BERGWERKS DIREKTION - WARNDT
Mesures de montée des terrains et d'affaissement dans les bowettes
3 Ouest et 32 A Nord du Siège Warndt
Karlsbrunn Août 1972.
- {18} JOSIEN JP
Principaux facteurs du comportement des toits des tailles foudroyées
en plateures
Extrait de la "Revue de l'Industrie Minérale", Volume 52, n° 4
Avril 1970.
- {19} SEAM MM.
Contribution à l'étude du comportement des toits des longues
tailles mécanisées : Influence du pas d'avancement
Thèse présentée à l'Université de Nancy I - Juin 1971.

- {20} HORTET R.
Définition d'une méthode pour caractériser l'état d'un toit de
taille, dans les houillères.
Thèse présentée à l'Université de Nancy - Mars 1967.
- {21} BRUYET B. et LIABEUF JJ
Etude de la circulation du grisou dans le mur des tailles en
plateures
Journées d'information Luxembourg, Février 1971.
- {22} LIABEUF JJ
Gisement et dégagement du grisou. Zone d'influence des tailles
montantes à remblayage hydraulique
Publication CERCHAR, Novembre 1971.
- {23} CHUDEK M. et OLASZOWSKI W.
Problème de l'atténuation des contraintes des massifs rocheux
dues à l'exploitation minière
Symposium de la S.I.M.R. Nancy, 1971.
- {24} HERWIG M.
Compte-rendu de la réunion annuelle 1973 de présentation des
travaux du Comité Technique "Pressions de Terrains et Soutè-
nement" du Steinhohlenbergbauverein - ESSEN, 4 Juin 1973.

NOM DE L'ETUDIANT : LEONTIDIS Marcos

Nature de la thèse : Docteur Ingénieur

Vu, Approuvé

et permis d'imprimer

NANCY, le

Le Président du Conseil de l'Université de NANCY I

J.R. HELLUY

